

RESPONSABLES DE FORMATION :
NATHALIE DETHOREY
MARWEN SOURI

ANTOINE MAYER

CONTENEURISATION ET VIRTUALISATION

OÙ SE SITUE LE POINT DE BASCULE ?

THÈSE PROFESSIONNELLE
SUIVIE PAR : JEAN-MARC MISERT

PRÉAMBULE

Dans le cadre de ma formation BAC+5 "Manager des Systèmes d'Information spécialité Sécurité informatique" au CESI de Nancy, j'ai réalisé une thèse professionnelle concernant l'utilisation de la conteneurisation et la virtualisation.

Afin de répondre à ma problématique et mes hypothèses j'ai interviewé différentes personnes. Cette thèse étant publique, j'ai anonymisé l'identité de ces dernières.

**FICHE DE CONFIDENTIALITE
DES RAPPORTS, MEMOIRES, THESES ET SOUTENANCES PROFESSIONNELS**

Formation/qualification préparée : Manager en systèmes d'information option sécurité

NOM-Prénom du stagiaire : MAYER Antoine

Titre du dossier professionnel : Conteneurisation et virtualisation : où se situe le point de bascule ?

Date de la soutenance : Mercredi 18 Novembre 2020

Nom de l'entreprise : MERSEN

Nom et qualité du représentant de l'entreprise : Jeremy POCHON

Noms, entreprises et fonctions des membres de jury :

Nom-Prénom	Entreprise	Fonction

Mode de diffusion autorisé

(Cocher la case correspondante)

Diffusion libre

Le dossier est conservé en archives au CESI, il peut être librement consulté et reproduit. Il peut être utilisé par les destinataires, les études peuvent faire l'objet de publication....

Diffusion limitée au CESI

Les membres du jury rendent leur exemplaire au stagiaire à la fin de la soutenance. Le stagiaire est responsable de cette restitution. Un exemplaire est conservé en archives au CESI. Le dossier peut être consulté pour exemple ou illustration par les stagiaires des promotions suivantes mais il ne peut être ni sorti du CESI, ni reproduit, sauf autorisation expresse de l'auteur et de son entreprise. La mention « Diffusion limitée au CESI, reproduction interdite » doit figurer sur la page de garde.

Diffusion interdite

Les membres du jury rendent leur exemplaire au stagiaire à la fin de la soutenance. Le stagiaire est responsable de cette restitution. Un exemplaire est conservé au CESI, à titre de preuve dans le dossier pédagogique du stagiaire. Le dossier ne peut être ni consulté, ni sorti du CESI, ni reproduit, sauf autorisation expresse de l'auteur et de son entreprise. La mention « Diffusion et reproduction interdites » doit figurer sur la page de garde.

Signatures :

Pour l'entreprise

X

Le stagiaire

X

Le CESI

REMERCIEMENTS

C'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener cette thèse à son terme. Il me sera très difficile de toutes leur témoigner ma reconnaissance,

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mon tuteur Jeremy POCHON qui a su m'inspirer le titre de cette thèse, *Conteneurisation et virtualisation : où se situe le point de bascule ?* C'est grâce à lui que j'ai pu concilier avec bonheur recherche théorique et appliquée durant cette thèse.

Je désire adresser toute ma reconnaissance au directeur de ce mémoire, Monsieur Jean-Marc MISERT, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je désire aussi remercier les professeurs de CESI Nancy, qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes accordé des entretiens et avoir répondu à mes questions sur la culture de la conteneurisation et DevOps ainsi que leur expérience personnelle. Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

Je remercie également toutes les personnes ayant répondu à mon enquête par questionnaire.

Enfin, je remercie mes proches, pour avoir relu et corrigé mon mémoire. Leurs conseils de rédaction ont été très précieux.

RESUME

La conteneurisation est de plus en plus utilisée de nos jours, généralement au détriment de la virtualisation. Notamment pour les projets de développement d'applications et pour le déploiement de micros-services. Elle permet aux instances virtuelles de partager un système d'exploitation hôte unique. Cette technologie réduit le gaspillage de ressources, car chaque conteneur n'abrite que des applications et des fichiers binaires ou bibliothèques associées.

La virtualisation, requiert l'installation un système d'exploitation pour chaque machine virtuelle lorsque l'on souhaite déployer une application.

Le choix d'utiliser l'une ou l'autre technologie n'est pas si aisée pour les entreprises. Avec l'arrivée de la conteneurisation, de nombreux signes indiquaient qu'elle prendrait l'ascendant sur la virtualisation. Mais la décision ne semble pas être aussi facile.

Cette thèse répond à la problématique suivante :

Conteneurisation et virtualisation : où se situe le point de bascule ?

Afin de répondre à cette dernière, je me suis appuyé sur des articles, des ouvrages et des conférences traitant de mon sujet.

J'ai réalisé une enquête qualitative qui a consistée en plusieurs interviews de professionnels sélectionnés avec soins, pour avoir leur avis sur les deux technologies ainsi que leur retour d'expérience vis-à-vis de leur utilisation.

J'ai également procédé à une enquête quantitative sous forme de questionnaire diffusé par le biais de mes réseaux sociaux. Cette dernière m'a permis de récolter plus de 180 avis autour de ma problématique.

ABSTRACT

Containerisation is being used more and more nowadays, generally in favour of virtualization. In particular for application development projects and for the deployment of micro-services. It allows virtual instances to share a single host operating system. This technology reduces the waste of resources, as each container contains only applications and associated binary files or libraries.

Virtualization requires the installation of an operating system for each virtual machine when an application is to be deployed.

The choice to use either technology is not so easy for companies. With the advent of containerisation, there were many signs that it would take precedence over virtualization. But the decision does not seem to be that easy.

This thesis answers the following problem:

Containerisation and virtualization: where is the tipping point?

In order to answer to that, I have relied on articles, books and conferences dealing with my subject.

I carried out a qualitative survey which consisted of several interviews with carefully selected professionals, to get their opinion on both technologies and their feedback on their use.

I also carried out a quantitative survey in the form of a questionnaire distributed through my social networks. This allow to me to collect more than 180 opinions on my problems.

MOTS CLES

Conteneurisation, Virtualisation, Gain, Sécurité, Système d'information

TABLE DES MATIERES

1. ENJEUX ET CONTEXTE	8
1.1 Le fonctionnement de la virtualisation	8
1.2 Le fonctionnement de la conteneurisation	9
1.3 Enjeux et contexte	10
1.4 La problématique et les hypothèses.....	12
1.5 La démarche proposée.....	13
2. ÉTAT DE L'ART	15
2.1 Recherche et recueil de données.....	15
2.2 Lecture approfondie.....	17
2.2.1 Résumé des articles pour l'hypothèse 1.....	17
2.2.2 Résumé des articles pour l'hypothèse 2.....	20
2.2.3 Résumé des articles pour l'hypothèse 3.....	22
2.2.4 Résumé des articles pour l'hypothèse 4.....	23
2.3 Résultats de l'état de l'art	25
3. BENCHMARK	28
3.1 Enquêtes qualitatives.....	28
3.1.1 Comment la conteneurisation accélère -t-elle le développement d'application et le déploiement de micro-service ?.....	28
3.1.2 La conteneurisation permet-elle aux équipes IT d'être plus performantes ?	31
3.1.3 La conteneurisation présente-elle un gain financier pour l'entreprise ?	33
3.1.4 La conteneurisation est-elle une technologie sécurisée ?.....	35
3.2 Enquêtes quantitatives	37
3.2.1 Identification des profils.....	37
3.2.2 Les profils faisant usage de la conteneurisation.....	38
3.2.3 Les profils ne faisant pas usage de la conteneurisation	43
4. ANALYSE	46
4.1 La conteneurisation, accélère-t-elle le développement des applications et le déploiement de micros- services ?.....	46
4.2 Est-ce que la conteneurisation permet aux équipes IT d'être plus performantes ?.....	49
4.3 La conteneurisation, présente-t-elle un gain financier pour l'entreprise ?	52
4.4 La conteneurisation, est-elle une technologie sécurisée ?	54
4.5 Conteneurisation et virtualisation : Où se situe le point de bascule ?	57
5. TRANSPOSITION	62
5.1 La conteneurisation, accélère-t-elle le développement des applications et le déploiement de micros- services ?.....	62
5.2 Est-ce que la conteneurisation permet aux équipes IT d'être plus performantes ?.....	63
5.3 La conteneurisation, présente-t-elle un gain financier pour l'entreprise ?	64
5.4 La conteneurisation, est-elle une technologie sécurisée ?	64
5.5 Conteneurisation et virtualisation : Où se situe le point de bascule ?	65

6.	CONCLUSION	66
7.	GLOSSAIRE	68
8.	BIBLIOGRAPHIE	72
9.	ANNEXES	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
9.1	Résultats de l'enquête par questionnaire	<i>Error! Bookmark not defined.</i>

1. ENJEUX ET CONTEXTE

Dans cette première partie, vous seront présentés les axes suivants :

- Enjeux et contexte,
- La problématique,
- Les hypothèses,
- La démarche proposée.

Pour comprendre au mieux la problématique et les enjeux de cette thèse, je vais commencer par expliquer le fonctionnement de la virtualisation et de la conteneurisation.

1.1 Le fonctionnement de la virtualisation

L'opération de virtualisation est simple, au lieu d'avoir un serveur avec un système d'exploitation exécutant une ou plusieurs applications, on peut fusionner plusieurs serveurs virtuels à partir de serveurs physiques, grâce à un logiciel appelé hyperviseur. Ce dernier vous permet de simuler complètement diverses ressources matérielles du serveur physique (telles que l'unité centrale, le CPU, la RAM, le disque dur, la carte réseau, etc.). Par conséquent, ces machines virtuelles (également appelées VM) bénéficieront de ressources matérielles en fonction de leurs besoins (par exemple, plus de capacités de processeur et plus de RAM, mais avec moins d'espace disque). L'avantage est que les ressources physiques de ces VM peuvent être modifiées en quelques clics. De plus, ils ont leurs propres systèmes d'exploitation et applications.

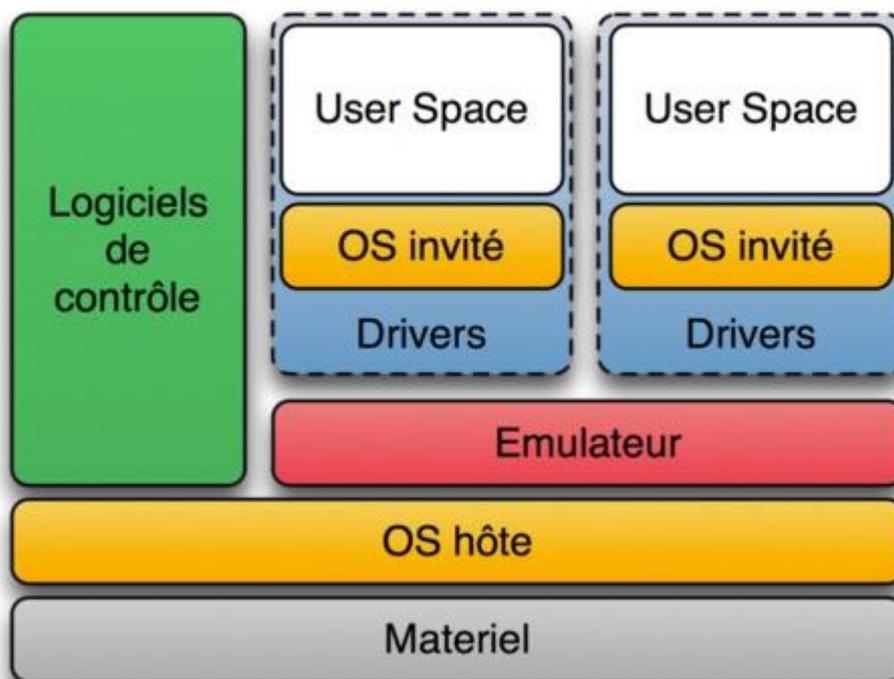


Figure 1 : Fonctionnement de la virtualisation
(<https://www.devopssec.fr/article/differences-virtualisation-et-conteneurisation>)

Cela permet de fournir aux professionnels une technologie très utile, malléable et économique, mais malheureusement, elle a aussi ses défauts, que nous verrons par la suite. Heureusement, d'autres ont pensé à une méthode alternative plus efficace. C'est à cette fin que la conteneurisation a été créée. Par la suite, la technologie Docker a contribué à sa popularité.

1.2 Le fonctionnement de la conteneurisation

L'utilisation de conteneurs Linux pour déployer des applications s'appelle la conteneurisation.

Dans le cas de la virtualisation, les machines virtuelles sont isolées au niveau matériel (CPU / RAM / disque) et les ressources de l'hôte sont accessibles virtuellement via l'hyperviseur. De manière plus générale, les VM fournissent un surplus de ressources pour l'environnement virtualisé, alors que les applications n'en ont pas nécessairement besoin.

Cependant, dans le cas de la conteneurisation, l'isolement est effectué au niveau du système d'exploitation. Sous Linux, un conteneur s'exécute de manière native et partagera le noyau de l'hôte avec d'autres conteneurs.

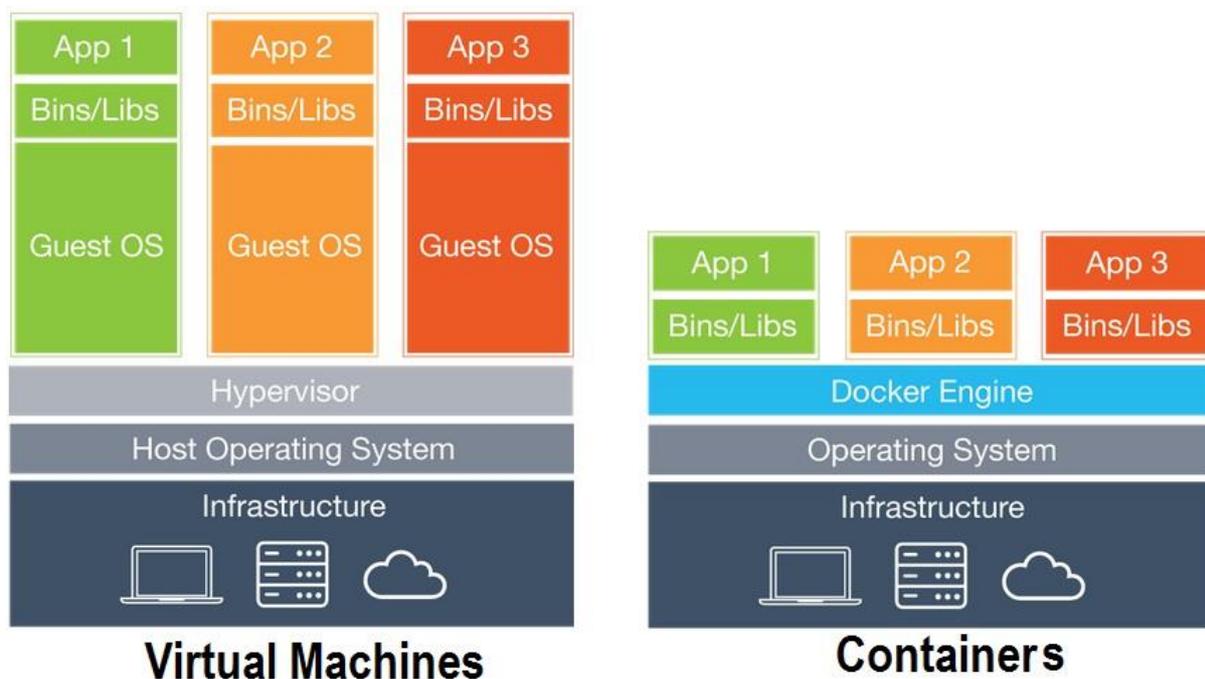


Figure 2 : Fonctionnement de la conteneurisation
(<https://www.lebigdata.fr/docker-definition>)

1.3 Enjeux et contexte

Aujourd'hui, la conteneurisation est de plus en plus utilisée, bien souvent au détriment de la virtualisation, pour le développement d'applications et pour le déploiement de micro-services.

Le concept de conteneurisation permet de partager un système d'exploitation hôte unique avec leurs binaires, bibliothèques ou pilotes. Cette approche réduit le gaspillage de ressources, car chaque conteneur ne contient que des applications et des fichiers binaires ou bibliothèques associés. Par conséquent, nous utilisons le même système d'exploitation (OS) pour plusieurs conteneurs. D'autre part, avec la virtualisation, lorsque l'on souhaite déployer une application, l'installation un OS pour chaque machine virtuelle est requise.

Selon une étude menée par Diamanti (entreprise commercialisant une plateforme Kubernetes entièrement intégrée), 33 % des entreprises prévoient d'investir au moins 85 635 euros dans la technologie des conteneurs d'ici 2020. Les machines virtuelles sont les premiers environnements informatiques qui seront conteneurisées, devant les services cloud et les serveurs bare-metal. Toujours sur la base des résultats de cette étude, 47 % des entreprises prévoient de déployer des conteneurs dans des environnements de production. 12 % ont affirmé avoir déjà « sauté le pas ». Ci-dessous, un schéma qui montre les profils qui pilotes des projets de conteneurs :

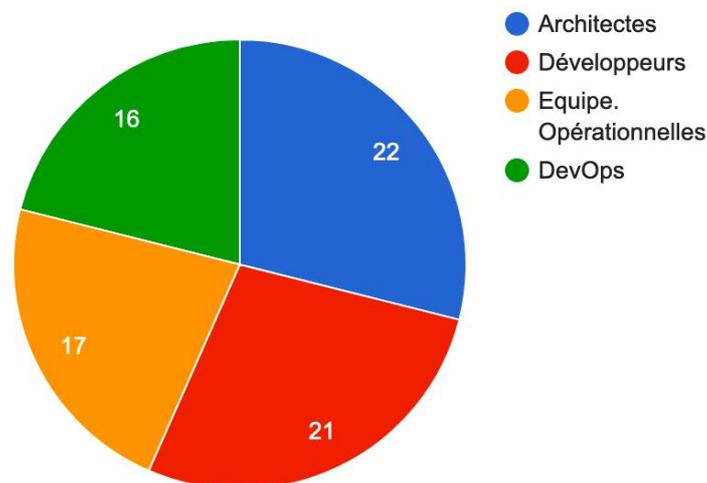


Figure 3 : Répartition des profils qui pilotes des projets de conteneurs.
(valeurs en pourcentage)

En termes d'investissement, 50,4 % des entreprises ont indiqué avoir investi moins de 42 500 euros dans des projets de conteneurs. En revanche, 33 % des sondés dépensent au moins 85 500 euros, tandis que 11,6 % dépensent plus de 400 000 euros.

En octobre 2019, ZDNet a réalisé un sondage. Sur les 527 participants, 39 % ont déclaré utiliser des conteneurs dans leurs systèmes d'information. 23 % ont déclaré qu'ils envisageaient de mettre en œuvre cette technologie rapidement. Reste que pour 38 %, où cela n'est pas d'actualité.

Bien que la virtualisation soit toujours la technologie la plus importante sur le marché du cloud, la conteneurisation peut également répondre aux besoins de l'hébergement d'applications commerciales, Web et mobiles. Elle peut être également cruciale pour le développement de logiciels et de micro-services. L'adoption de ces solutions semble partagée avec les DSI d'entreprises.

Il s'agit d'une technologie émergente, mais elle est largement utilisée sur les serveurs et sur les ressources de cloud computing des entreprises. La conteneurisation par des entités telles que Docker, Kubernetes ou CoreOS (technologie permettant l'utilisation de conteneurs) commence à attirer l'attention des responsables informatiques. 451 Research (une société mondiale de recherche et de conseil) a déclaré que l'utilisation de conteneurs pour lancer des applications est une tendance croissante. En 2015, le chiffre d'affaires de la technologie des conteneurs était de 423 millions d'euros et devrait atteindre 3,2 milliards d'euros d'ici la fin de l'année 2020. Soit un taux de croissance annuel de 40 %.

Mais alors dans quel cas choisit-on une solution au dépend de l'autre ? Rentrent-elles vraiment en concurrence ?

On retrouve les technologies de virtualisation d'un côté et les technologies de conteneurisation de l'autre.

Bien que l'utilisation d'une de ces technologies puisse avoir des objectifs techniques différents, l'un des avantages communs de ces deux solutions est l'optimisation des investissements matériels et logiciels. Cependant, le choix d'utiliser l'une ou l'autre technologie est encore partagé. Avec l'arrivée de la conteneurisation, de nombreux signes indiquaient qu'elle prendrait le pas sur la technologie de virtualisation. Mais la question ne semble pas être aussi tranchée.

En 2014, IBM a publié une comparaison des performances entre la conteneurisation et la virtualisation. Il décrit que les technologies de conteneurs est supérieur aux performances de la virtualisation. La vitesse des conteneurs est même proche de celle des serveurs bare metal.

Mais est-ce pour autant la fin de la virtualisation ?

Cette thèse va permettre de mener une réflexion sur les réels avantages de la conteneurisation pour une entreprise, ainsi que ses défauts par rapport à la virtualisation. Également, dans quel cas et pour qui la conteneurisation présentera un intérêt, sur le plan technique, organisationnel, humain, économique et également sur la sécurité de la technologie.

1.4 La problématique et les hypothèses

La problématique qui découle de ce contexte est la suivante :

Conteneurisation et virtualisation : où se situe le point de bascule ?

Le terme « point de bascule » présent dans ma problématique, se définit par les motivations à faire évoluer son infrastructure virtualisée. Au point de remplacer les machines virtuelles par des conteneurs.

Pour donner suite à cette problématique voici mes hypothèses de travail couvrant différents domaines, qui vont me permettre d'obtenir une vision à 360° :

Domaines	Hypothèses
 TECHNIQUE	<i>La conteneurisation, accélère-t-elle le développement des applications et le déploiement de micros- services ?</i>
 HUMAIN	<i>Est-ce que la conteneurisation permet aux équipes IT d'être plus performantes ?</i>
 FINANCIER	<i>La conteneurisation, présente-t-elle un gain financier pour l'entreprise ?</i>
 SÉCURITÉ	<i>La conteneurisation, est-elle une technologie sécurisée ?</i>

Pour répondre à ces différentes questions, je vais m'appuyer sur différents ouvrages, articles et conférences traitant de mon sujet. Je porterai une attention particulière à la véracité des informations qui me seront délivrées. Vous trouverez le détail de ces supports en deuxième partie de ce document.

1.5 La démarche proposée

Dans un premier temps ma démarche consiste établir un état de l'art afin de récolter des informations en lien avec mes hypothèses par le biais d'articles et conférences. Vous trouverez plus de détails dans la deuxième partie de ce document.

Je prévois également d'interroger plusieurs personnes avec des profils différents sur leur retour d'expérience vis-à-vis des deux technologies afin d'avoir des points de vue et des avis différents. Ci-dessous le détail des profils que j'ai questionné :

Fonction	Entreprise	Hypothèse
Ingénieur DevOps		La conteneurisation permet-elle aux équipes IT d'être plus performante ?
Administrateur Système		Comment la conteneurisation accélère le développement d'application et le déploiement de micro-service ?
Directeur du Numérique Adjoint et Sous-directeur en charge des Infrastructures		La conteneurisation présente-t-elle un gain financier pour l'entreprise ?
Ingénieur Full stack, DevOps et Chef d'équipe		Comment la conteneurisation accélère le développement d'application et le déploiement de micro-service ?
Administrateur Réseau et sécurité		La conteneurisation est-elle une technologie sécurisée ?
Ingénieur DevOps		La conteneurisation permet-elle aux équipes IT d'être plus performante ?

J'ai sélectionné ces personnes en fonction de mes hypothèses et de leurs compétences, afin d'avoir le plus d'informations par rapport au contexte choisi.

La conteneurisation permet-elle aux équipes IT d'être plus performante ?

Pour l'hypothèse *La conteneurisation permet-elle aux équipes IT d'être plus performante ?* j'ai fait le choix de sonder deux ingénieurs DevOps d'horizons différents afin d'élargir au maximum les points de vue et donc les réponses apportées. En effet le premier profil à participer à la mise en place et l'élaboration d'un pipeline DevOps au sein de son entreprise. Cette personne a contribué au changement des méthodes de travail et donc peut m'apporter un avis constructif sur la performance des équipes avant et après l'utilisation de conteneurs.

Le deuxième profil se situe en Amérique du nord, à Montréal. J'ai fait ce choix afin de comparer les habitudes de travail, toujours avec une méthode DevOps. Il était important pour moi de développer au maximum mon point de vue.

Comment la conteneurisation accélère le développement d'application et le déploiement de micro-service ?

En ce qui concerne l'hypothèse *Comment la conteneurisation accélère le développement d'application et le déploiement de micro-service ?* encore une fois je me suis appuyé sur deux profils différents, un administrateur système qui gère une infrastructure de conteneurs pour héberger tous les sites web de l'université. Cela m'apportera des informations pour l'aspect déploiement de micro-services. J'ai également rencontré un développeur full stack travaillant dans une Entreprise de Service du Numérique (ESN) basée au Luxembourg, qui utilise la conteneurisation au quotidien. Cela m'apportera une source d'informations importantes pour la partie développement d'application.

La conteneurisation présente-elle un gain financier pour l'entreprise ?

Afin de couvrir au mieux l'aspect financier en lien avec l'hypothèse *La conteneurisation présente-elle un gain financier pour l'entreprise ?* j'ai décidé d'interroger un profil de Directeur du Numérique Adjoint et Sous-directeur en charge des Infrastructures. Cela me permet d'avoir un point de vue moins technique, plus axé sur les choix et décisions stratégiques et de ce fait de bénéficier d'informations et d'un éclairage très intéressant sur l'aspect financier de cette thèse professionnelle.

La conteneurisation est-elle une technologie sécurisée ?

Pour l'hypothèse *La conteneurisation est-elle une technologie sécurisée ?* Mon choix s'est arrêté sur un profil accès sécurité. Cette personne est certifiée Certified Ethical Hacking (CEH). Elle utilise également tous les outils DevOps au quotidien. Au travers de cette interview et avec la double compétences sécurité informatique et DevOps cette personne sera pleinement qualifiée pour répondre à mes questions.

Ma démarche :

Pour les questions qui vont composer ces différentes interviews la démarche est la suivante : Je vais procéder à leur élaboration après avoir établi mon état de l'art avec toutes les lectures nécessaires. Les questions posées serviront à éclaircir les zones d'ombres restantes qui planent au-dessus de mes hypothèses. De manière à avoir toutes les informations pour la quatrième partie de ce document destiné à apporter des réponses.

De plus je vais réaliser un questionnaire, d'une vingtaine d'items que je partagerai sur les réseaux sociaux adéquats (Twitter, LinkedIn, Discord) afin de cibler mon public.

Il y aura plusieurs types de questions. Premièrement des questions destinées à identifier les profils des personnes répondant à ce dernier (âge, situation professionnelle, secteur d'activité et utilisation ou non de la conteneurisation). Une deuxième partie sera consacrée aux personnes utilisant les conteneurs, et une troisième pour les profils n'en faisant pas usage. Les questions qui composeront cette enquête seront en lien avec mes hypothèses. Vous trouverez plus de détails ainsi qu'une analyse dans la troisième partie de ce document.

2. ÉTAT DE L'ART

Mon état de l'art correspond à l'état des connaissances dans les domaines de la virtualisation et de la conteneurisation.

Pour le mettre au point je vais rechercher toutes les informations existantes concernant les domaines précédemment cités et en faire une synthèse.

Cela va s'appuyer sur un travail bibliographique et une analyse des publications, notamment par le biais des différentes conférences qui traiteront ou ont traité les domaines en relation avec ma problématique.

Cette démarche est préliminaire à tout travail de recherche ou d'application ; elle me permet de capitaliser le savoir et les savoir-faire existants.

2.1 Recherche et recueil de données

Je m'interroge sur la recherche des textes, articles et ouvrages sur lesquels je compte m'appuyer mais également sur le choix des sources et les critères de sélection. Comment organiser les données que je vais recueillir ?

Confronté à ces interrogations, j'ai amorcé la recherche en organisant stratégiquement cette étape. Le recensement des écrits n'est pas un processus linéaire, il s'effectue progressivement. J'ai donc adopté une position de veille permanente vis-à-vis de l'avancée des connaissances dans mes domaines de recherche.

J'ai effectué ma recherche de données avec deux sources d'information :

- Articles, ouvrages
- Conférences, salon

Premièrement, j'ai mis en œuvre ma recherche bibliographique en partant de mots-clés relatifs à mon thème de recherche allant du général au spécifique. Je suis partie des mots principaux qui composent le sujet de ma thèse à savoir, « Virtualisation » et « Conteneurisation ». Dans un deuxième temps j'ai recherché des mots plus spécifiques tels que « Sécurité », « Applications », « Performance » ou encore, « Management ». Ces mots clés sont en lien avec les domaines de mes hypothèses ce qui prouve je suis dans la bonne voie pour trouver des documents et des informations me permettant de répondre à mes hypothèses. Je les ai ensuite organisés dans une structure hiérarchisée.

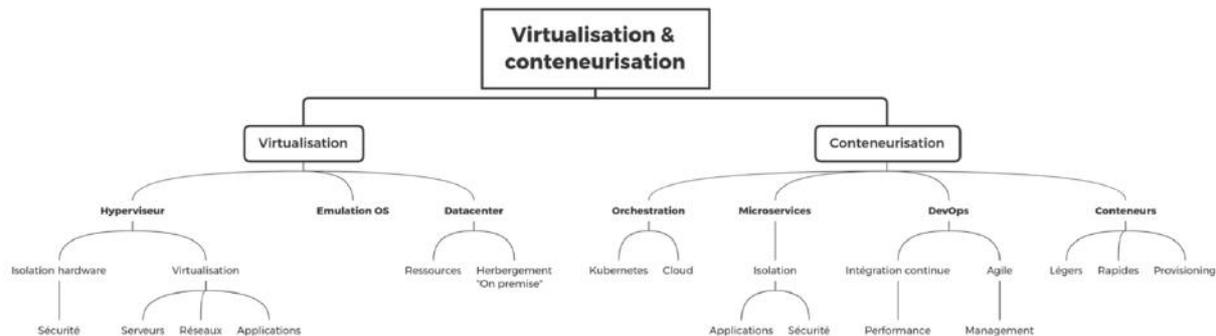


Figure 4 : Recherche bibliographique hiérarchisée

Suite à cela, j'ai donc pu récolter des articles auprès des différents sites spécialisés dans l'informatique à savoir :

- ZDNet
- LeMondelInformatique
- LeMagIT

Pour cette sélection d'avant lecture je me suis basé sur le titre, le résumé et les mots clés.

J'ai également fait l'acquisition de deux ouvrages des éditions « DUNOD » :

- Kubernetes Maîtrisez l'orchestrateur des infrastructures du futur
- Docker Pratique des architectures à base de conteneurs

Ces livres vont me permettre de comprendre en profondeur tout l'univers de la conteneurisation et ainsi être en mesure de répondre à mes hypothèses. En effet l'ouvrage traitant de Kubernetes me permettra de récolter des informations sur tout ce qui concerne les orchestrateurs un maillon important dans les infrastructures conteneurisées. L'ouvrage relatif à Docker est « technique » mais l'introduction et la conclusion me permettra d'en apprendre davantage sur l'histoire des conteneurs et vers quoi tend la solution.

Après avoir récolté une trentaine d'articles et lu les deux ouvrages cités supra, je me suis intéressé aux conférences internationales spécialisées.

Voici les rediffusions des conférences que j'ai sélectionnés :

- OpenInfra Days UK (2019)
- RedHat Summit (2016)
- DevFest (2019)
- IBM Developer (2018)

Je me suis livré à une lecture préliminaire dans le but d'établir une sélection des documents à étudier plus profondément. Cela me permet de me concentrer sur les articles dont le contenu est le plus pertinent dans les domaines que j'ai ciblés.

Dans un deuxième temps j'ai fait une lecture approfondie. Pour chaque document j'ai identifié son apport avec le problème qu'il traite, les solutions qu'il propose ainsi que les résultats obtenus. Puis j'ai effectué un résumé en mettant l'accent sur les points précédents.

J'ai structuré mes résumés comme suit :

- La partie synthèse
 - L'objectif
 - La solution proposée
 - Les résultats obtenus

2.2 Lecture approfondie

J'ai trié les documents en fonction de mes hypothèses et des sujets qu'ils abordent.

2.2.1 Résumé des articles pour l'hypothèse 1

La conteneurisation, accélère-t-elle le développement des applications et le déploiement de micros-services ?

TITRE	Comment la conteneurisation informatique accélère de développement des applications
SOURCE	[1] https://hellofuture.orange.com/fr/comment-la-conteneurisation-informatique-accelere-le-developpement-des-applications/
DATE	28 janvier 2019
RÉSUMÉ	Les conteneurs transforment la manière de concevoir les applications afin de gagner en productivité vis-à-vis des développeurs. Dans cet article Alex Palesandro ingénieur Cloud chez D2SI (société spécialisée en cloud et DevOps) explique de quelle manière la technologie de conteneurisation permet cette accélération.

TITRE	Docker – Pratique des architectures à base de conteneurs
SOURCE	[2] Docker – Pratique des architectures à base de conteneurs, Pierre Cloux Thomas Garlot Johann Kohler, 2019, 978-2-10-078970-2
DATE	2019
RESUME	Cet ouvrage offre une approche complète de l’environnement Docker. L’objectif de ce livre est d’aborder le concept de conteneur et d’architecture à base de conteneurs en décryptant les avantages proposés par cette approche.

TITRE	Kubernetes – Maîtrisez l’orchestrateur des infrastructures du futur
SOURCE	[3] Kubernetes – Maîtrisez l’orchestrateur des infrastructures du futur, Kelsey, Hightower Brendan Burns Joe Beda, 978-2-10-078940-5
DATE	2019
RESUME	Cet ouvrage a pour objectif de décrire les principaux avantages de kubernetes. Bien que les conteneurs et les orchestrateurs soient toujours en phase de démocratisation, ils permettent aux développeurs de déployer des applications rapidement, facilement et avec agilité.

TITRE	Focus sur l’orchestrateur Kubernetes et les conteneurs Docker
SOURCE	[4] https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-focus-sur-l-orchestrateur-kubernetes-et-les-conteneurs-docker-77031.html
DATE	10 novembre 2019
RESUME	Docker et Kubernetes sont deux noms incontournables en matière de développement logiciel. Le premier permet de déployer des conteneurs et l’autre de les orchestrer. Cet article nous éclaire sur les raisons de l’importance de Docker et Kubernetes. Également sur le rôle qu’ils jouent dans les processus de développement logiciel.

TITRE	Kubernetes gagne en popularité
SOURCE	[5] https://www.zdnet.fr/actualites/kubernetes-gagne-en-popularite-39900345.htm
DATE	10 mars 2020
RESUME	Dans cet article, la Cloud Native Foundation (CNCF) constate dans une enquête que les programmes natifs du Cloud dont Kubernetes gagne énormément en popularité. Ce sondage permet de se représenter le taux d’entreprises qui utilisent la technologie de conteneur.

TITRE	Pourquoi Kubernetes est devenu très tendance (et comment en profiter)
SOURCE	[6] https://www.zdnet.fr/pratique/pourquoi-kubernetes-est-devenu-tres-tendance-et-comment-en-profiter-39864740.htm
DATE	21 octobre 2019
RESUME	Cet article met en exergue les raisons pour lesquelles les professionnels de l'infrastructure informatique adoptent la technologie d'orchestrateur de conteneurs. Le document aborde les sujets suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Le futur de la gestion des infrastructures virtualisées • L'attrait des développeurs envers Kubernetes

TITRE	Orchestration des conteneurs : pour quels cas d'usage et avec quelles solutions ?
SOURCE	[7] https://www.silicon.fr/avis-expert/orchestration-des-conteneurs-quels-cas-dusage-et-queles-solutions
DATE	13 janvier 2020
RESUME	Le développement des applications qui sont conteneurisées impacte la conception de ces dernières et la manière dont il faut les maintenir et gérer leur cycle de vie.

TITRE	Les communications unifiées en voie de conteneurisation
SOURCE	[8] https://www.zdnet.fr/actualites/les-communications-unifiees-en-voie-de-conteneurisation-39885631.htm
DATE	7 juin 2019
RESUME	Cet article traite de la conteneurisation de l'IT. Cette dernière peut s'appliquer aux applications de communications unifiées et collaborative. Le document aborde plusieurs points comme l'abstraction des applications, les avantages, l'organisation de la DSI.

TITRE	Cinq inconvénients des conteneurs (et comment y remédier)
SOURCE	[9] https://www.lemagit.fr/conseil/Cinq-inconvenients-des-conteneurs-et-comment-y-remedier
DATE	08 octobre 2015
RESUME	La conteneurisation promet une évolutivité, flexibilité et facilité. Mais les conteneurs ne sont pas adaptés à toutes les charges de travail. Cet article revient sur le discours de Thomas Bittman vice-président analyse de Gartner, dans lequel il mettait en avant tous les avantages de la technologie de conteneurs. Mais en soulignant également plusieurs inconvénients importants. Lors du Gartner's IT Operation Strategies and Solutions Summit de 2015 à Orlando.

TITRE	Avez-vous vraiment besoin de Kubernetes ?
SOURCE	[10] https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-avez-vous-vraiment-besoin-de-kubernetes-78158.html
DATE	19 février 2020
RESUME	Cet article met en avant les nécessités d'utiliser Kubernetes, la notion de la portabilité, et son intérêt.

TITRE	Understanding the Difference Between Virtualisation and Containers
SOURCE	[11] https://youtube.com
DATE	9 mai 2017
RESUME	Cet exposé approfondira les détails techniques des différences fondamentales entre les technologies, en expliquant en profondeur comment chacune d'entre elles fonctionnent, où chacune d'entre elles brille et pourquoi les entreprises en choisissent une plutôt qu'une autre.

TITRE	Guillhem Lettron – Comment Kubernetes va changer votre façon de coder [DevFest Paris 2019]
SOURCE	[12] https://youtube.com
DATE	14 avril 2019
RESUME	Durant cette conférence, Guillhem Lettron revient sur plusieurs points : <ul style="list-style-type: none"> • L'organisation et le design du code (infrastructure as code) • Le code déclaratif (on veut que ça marche, peu importe la manière d'y parvenir) • Les micro-services permettent une gestion beaucoup plus facile, et réduisent les coûts de maintenance

2.2.2 Résumé des articles pour l'hypothèse 2

Est-ce que la conteneurisation permet aux équipes IT d'être plus performantes ?

TITRE	Conteneurs et automatisation : la voie royale vers DevOps
SOURCE	[13] E-Handbook LeMagIT
DATE	2017
RESUME	Ce document explique comment la mécanique de conteneurs offre des capacités d'automatisation qui va permettre la mise en place d'une méthodologie DevOps en connectant les équipes de développeurs et d'exploitations de façon concrète.

TITRE	DevOps : Les fondamentaux
SOURCE	[14] https://www.softfluent.fr/blog/devops-les-fondamentaux/
DATE	6 novembre 2019
RESUME	Cet article introduit la démarche DevOps avec son rôle qui consiste à faire collaborer les équipes de développement et d'études avec les équipes des opérations et exploitation. Ces principes, avec la réduction du cycle des livraisons, l'optimisation des ressources, l'amélioration de la qualité ou encore replacer l'humain au cœur du dispositif. Le document détail également les bénéfices du DevOps, automatisation, adaptation, productivité et qualité.

TITRE	DevOps : Comment mettre en place une méthode DevOps
SOURCE	[15] https://www.softfluent.fr/blog/mettre-en-place-methode-devops/
DATE	6 novembre 2019
RESUME	Ce document est un guide pour réussir sa démarche DevOps. On retrouve des préconisations, à savoir être familier avec les méthodes agiles. La mise en place d'une méthode DevOps doit être pris en compte comme un projet d'entreprise.

TITRE	DevOps : Quels indicateurs de performance et comment s'améliorer ?
SOURCE	[16] https://www.softfluent.fr/blog/devops-kpis-amelioration/
DATE	6 novembre 2019
RESUME	Les entreprises mettent en place de plus en plus une démarche DevOps ayant pour but d'automatiser au maximum leurs livraisons pour réduire leurs coûts tout en gagnant en productivité et qualité. Cet article pointe du doigt la nécessité de suivre des indicateurs de performance (KPIs) concrets et mesurables, afin de savoir si les entreprises vont dans la bonne direction, et si elles sont en mesure de s'améliorer.

TITRE	DevOps : une culture de la performance
SOURCE	[17] https://www.journaldunet.com/web-tech/developpeur/1161544-devops-une-culture-de-la-performance/
DATE	15 septembre 2015
RESUME	Cet article, datant de 2015, est certes un peu ancien. Cependant son contenu reste d'actualité en abordant les points suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Les bonnes pratiques pour améliorer les performances de la DSI et rendre l'entreprise plus agile. • L'enrichissement des environnements de développement • Priorisation des tâches • Automatisation des tests et des configurations • La surveillance des performances en continu

TITRE	Intégration Continue ou Continuous Integration : qu'est-ce que c'est ?
SOURCE	[18] https://www.lebigdata.fr/integration-continue-definition
DATE	12 octobre 2018
RESUME	Cet article permet de comprendre la notion de l'intégration continue et ses avantages. Mais aussi ce que sont le déploiement continu et la livraison continue. Il répertorie les meilleurs outils d'intégration continue.

2.2.3 Résumé des articles pour l'hypothèse 3

La conteneurisation présente-elle un gain financier pour l'entreprise ?

TITRE	Le conteneur comme nouvelle base du modèle économique
SOURCE	[19] https://www.linformaticien.com/actualites/id/52272/le-conteneur-comme-nouvelle-base-du-modele-economique-du-cloud.aspx
DATE	20 juin 2019
RESUME	Ce document apporte des informations sur les environnements qui sont à base de conteneurs et qui deviennent le pilier du modèle économique du cloud.

2.2.4 Résumé des articles pour l'hypothèse 4

La conteneurisation est-elle une technologie sécurisée ?

TITRE	Security Assurance Requirements for Linux Application Container Deployments
SOURCE	[20] NIST (National Institute of Standards and Technology)
DATE	Octobre 2017
RESUME	Les conteneurs sont de plus en plus mis en place dans les entreprises. Il est malgré tout important de répondre aux préoccupations de sécurité durant les cycles de déploiement. Le NIST par l'intermédiaire du guide de sécurité des conteneurs, propose des lignes directrices et des contre-mesures de sécurité.

TITRE	Sécurité des conteneurs
SOURCE	[21] https://www.redhat.com/fr/topics/security/container-security
DATE	20 décembre 2018
RESUME	Cet article de RedHat aborde la sécurité des conteneurs, qui correspond à la protection de l'intégrité de ces derniers. Il s'intéresse également à comment définir la gestion des accès, l'intégration de tests de sécurité et d'automatisation du déploiement. Puis la protection de l'infrastructure.

TITRE	Comment assurer la sécurité des conteneurs
SOURCE	[22] E-guide LeMagIT
DATE	2018
RESUME	La conteneurisation permet d'isoler des applications ou des micro-services dans des conteneurs. Mais il existe des risques associés aux conteneurs. Cet E-book met en avant le contrôle, en continu, de l'intégrité des conteneurs. Des politiques de sécurité des applications. En particulier pour leurs communications réseau, ou encore de recherche des vulnérabilités et de gestion des correctifs.

TITRE	Container security
SOURCE	[23] https://youtube.com
DATE	14 octobre 2016
RESUME	Au cours de cette session, un état de l'art de la sécurité des conteneurs est abordé. Une ouverture sur l'avenir de la sûreté des conteneurs est faite.

TITRE	A brief History of Secure Isolation in Virtual Machines and Containers – Allison Randall, Cambridge
SOURCE	[24] https://youtube.com
DATE	20 aout 2019
RESUME	Allison Randall, de l'Université de Cambridge, revient sur la perception courante dans l'industrie qui est que les machines virtuelles offrent une meilleure sécurité tandis que les conteneurs offrent de meilleures performances. Une analyse détaillée est faite, sur l'histoire de ces technologies et des menaces actuelles auxquelles elles sont confrontées.

TITRE	Container Security with NeuVector and IBM Cloud
SOURCE	[25] https://youtube.com
DATE	20 decembre 2018
RESUME	Cette rencontre en ligne organisée par NeuVector et IBM Developer San Francisco permet d'en apprendre plus sur la sécurité des conteneurs. Plus particulièrement sur : <ul style="list-style-type: none"> • La signature des images de conteneurs • La réalisation d'analyses globales de vulnérabilité dans les images de conteneurs • Les meilleures pratiques pour limiter l'exposition • Comprendre les aspects de la sécurité des conteneurs au moment de l'exécution avec la sécurité du réseau • La surveillance et sécurisation des conteneurs déjà en production.

Tous les articles énoncés ci-avant vont me permettre de m'informer et d'être en mesure de répondre à mes hypothèses dans les meilleures conditions.

De plus, cette récolte d'informations me donne matière à établir mes enquêtes terrains, afin de combler les zones d'ombres en lien avec mes hypothèses.

2.3 Résultats de l'état de l'art

Les conteneurs modifient la façon dont les applications sont conçues pour augmenter la productivité des développeurs. Ils leur permettent de déployer des applications rapidement, facilement et avec agilité.

Docker et Kubernetes sont deux noms essentiels dans le développement de logiciels pour les environnements conteneurisés. Le premier permet de déployer des conteneurs et l'autre de les orchestrer. Ils ont un rôle important dans le processus de développement logiciel. L'utilisation de conteneurs fournira les qualités suivantes :

- L'évolutivité élastique, les services ou les applications peuvent être rapidement mis à l'échelle.
- L'isolement. Il consiste à empêcher l'application d'interférer avec d'autres applications. Il donne la possibilité d'exécuter plusieurs versions d'une application en même temps. Ou encore de garder "propre" le système sous-jacent.
- La portabilité. Le conteneur est utilisé pour emballer tout l'environnement d'exécution de l'application. Cela facilite considérablement le déploiement dans des environnements avec des hôtes compatibles et les systèmes conteneurisés, tels que les ordinateurs des développeurs ou des administrateurs système, les machines de test et même le cloud.

Les applications conteneurisées simples ne nécessitent généralement pas d'orchestration. Cependant, si une application a plusieurs fonctions et plusieurs utilisateurs elle est de ce fait plus complexe et il est difficile de ne pas utiliser d'outils d'orchestration. Ces derniers permettent :

- De pallier la complexité de gestion, toutes les applications avec plus de deux conteneurs correspondent à cette demande.
- L'utilisation de la technologie moderne CI / CD (Intégration Continue et Déploiement Continu). Le système d'orchestration prend en charge le modèle de déploiement d'application basé sur le principe de la mise à niveau continue.

La technologie garantit l'évolutivité, la flexibilité et la facilité d'utilisation. Mais les conteneurs ne conviennent pas à toutes les charges de travail. Certaines applications ne peuvent pas être exécutées de manière monolithique c'est-à-dire d'un seul bloc. Conçues de cette façon, elles sont presque incompatibles avec des notions tels que l'évolutivité ou le déploiement rapide.

Il existe également un problème de dépendance. Les machines virtuelles classiques sont très autonomes. Chaque machine virtuelle contient un système d'exploitation (OS), des pilotes et des composants d'application uniques. Tant que des programmes de gestion appropriés (type hyperviseurs) sont disponibles, ils peuvent également être migrés vers n'importe quel autre système. D'un autre côté, les conteneurs s'exécutent sur le système d'exploitation, partagent le noyau sous-jacent, un grand nombre de fichiers binaires et de bibliothèques. Selon Thomas Bittman, vice-président de l'analyse de Gartner, les dépendances des conteneurs limitent la portabilité entre les serveurs.

Les machines virtuelles basées sur des hyperviseurs peuvent être très isolées car les ressources matérielles du système ont été virtualisées. En d'autres termes, les erreurs, virus ou intrusions peuvent endommager la machine virtuelle sans se propager à d'autres.

Les conteneurs sont plus vulnérables aux attaques car ils partagent le noyau et les composants système, et leurs opérations nécessitent déjà une autorisation de haut niveau (généralement un accès utilisateur root dans un environnement Linux). Par conséquent, les erreurs et les attaques sont plus susceptibles de se propager au système d'exploitation sous-jacent et à d'autres conteneurs, ce qui pourrait propager des activités malveillantes bien au-delà de la portée de l'événement d'origine.

La mécanique des conteneurs offre des capacités d'automatisation et les méthodes DevOps peuvent être mises en œuvre en rapprochant les développeurs et les équipes d'exploitation de manière spécifique. L'approche DevOps a pour objectif de permettre aux deux équipes de collaborer. Ces principes sont liés à la réduction du cycle de livraison, à l'optimisation des ressources et à l'amélioration de la qualité.

Il y a donc de nombreux avantages. Nous pouvons citer spécifiquement :

- L'automatisation : éviter les erreurs causées par une saisie manuelle ou un fonctionnement incorrect.
- L'adaptation : permet de répondre aux contraintes réglementaires en temps réel, à l'environnement du marché et accompagner les tournants de la transformation numérique.
- La productivité et qualité : livraison d'applications plus rapide, y compris des processus d'amélioration continue.
- La valeur ajoutée : le temps gagné grâce à l'automatisation permet de se concentrer sur la valeur de la solution et de mieux prendre en compte le point de vue du client.

Les entreprises adoptent de plus en plus l'approche DevOps, qui vise à automatiser autant que possible la livraison pour réduire les coûts tout en améliorant la productivité et la qualité. Cependant il est nécessaire de suivre des indicateurs de performance (KPI) spécifiques et mesurables afin de comprendre si l'entreprise évolue dans la bonne direction et s'ils peuvent s'améliorer. Les conteneurs sont de plus en plus installés dans les entreprises. Malgré tout il est important de répondre aux problèmes de sécurité pendant le cycle de déploiement.

La sécurité des conteneurs consiste à protéger l'intégrité de ces derniers. Le NIST décrit également comment définir l'intégration de la gestion des accès, des tests de sécurité et de l'automatisation du déploiement. Vient ensuite la protection des infrastructures conteneurisées. Généralement on estime que les machines virtuelles peuvent offrir une meilleure sécurité. Dans le même temps, le conteneur offre de meilleures performances.

Une conférence réalisée par l'entreprise NeuVector et IBM Developer San Francisco permet d'en apprendre plus sur la sécurité des conteneurs. Plus particulièrement sur :

- La signature des images de conteneurs
- La réalisation d'analyses globales de vulnérabilité dans les images de conteneurs
- Les meilleures pratiques pour limiter l'exposition aux risques
- Comprendre les aspects de la sécurité des conteneurs au moment de l'exécution avec la sécurité du réseau
- La surveillance et sécurisation des conteneurs déjà en production.

3. BENCHMARK

Dans cette partie, je vais vous présenter les résultats que j'ai obtenus à partir de ma démarche qui vous a été présenté dans les paragraphes précédents. (cf. partie enjeux et contexte)

Cette dernière reprend les enquêtes relevant de mes initiatives personnelles à savoir :

- *Les interviews, qui sont des enquêtes qualitatives auprès de professionnels sélectionnés méthodiquement. J'ai posé des questions ouvertes. Cela amène à des échanges intéressants et dynamiques qui m'ont permis d'avoir des points de vue différents. Ils me seront très bénéfiques pour apporter une réponse à mes hypothèses.*
- *Mon questionnaire, qui est une enquête quantitative avec des questions fermées. Il me permet de récolter des statistiques en lien avec mes hypothèses et qui me serviront à répondre à celles-ci. Dans le but de récolter le plus d'informations possible, j'ai partagé celui-ci sur mes différents réseaux sociaux (LinkedIn, Discord et Twitter). Cela a été très bénéfique car j'ai obtenu 188 réponses.*

Les résultats de mes interviews vont être présentés par hypothèses. Pour chacune d'entre elles, les informations provenant de ces enquêtes qualitatives vont être détaillées.

Puis une partie synthétisant mon enquête quantitative avec une présentation des statistiques provenant de mon questionnaire.

3.1 Enquêtes qualitatives

3.1.1 Comment la conteneurisation accélère -t-elle le développement d'application et le déploiement de micro-service ?

Cette hypothèse repose sur deux thèmes distincts, le développement d'applications et le déploiement de micro-services. Afin d'analyser au mieux et d'être en mesure de répondre le plus précisément possible, j'ai fait le choix d'interviewer deux profils différents. Un développeur full stack/devops pour son expertise liée au développement d'applications tout en utilisant les technologies de conteneurs. Le deuxième profil est un administrateur système Linux, afin qu'il m'apporte des informations sur le déploiement de micro-services par le biais de la conteneurisation.

3.1.1.1 Synthèse interview, profil développeur full stack

Durant l'interview de ce développeur, j'ai orienté mes questions sur l'accélération des développements d'applications par le biais de la conteneurisation. Pour poser le contexte j'ai tout d'abord cherché à comprendre les cas d'usage de cette technologie et sa valeur ajoutée dans les projets de développement. Ensuite, nous avons échangé sur l'accélération des cycles de développements qui pour moi est un aspect essentiel pour être en mesure de répondre à mon hypothèse. Durant mon état de l'art j'ai pu lire que le « time to market » était un réel levier d'accélération. J'ai profité de cette interview pour comprendre plus en détail le rôle de ce dernier. Dans le but de le comparer la virtualisation et la conteneurisation, j'ai questionné

monsieur J sur les différents processus de mise en production d'une application avec ces deux technologies. J'ai également profité de son retour d'expérience afin qu'il m'expose sa vision vis-à-vis des limites de la conteneurisation dans ses projets de développement. Cette approche me permet d'élargir ma vision par rapport à cette technologie pour la partie analyse de cette thèse.

Dans le cas de monsieur J, les conteneurs sont utilisés pour déployer des micro-services. Que ce soient des serveurs JavaSpring (framework open source pour construire et définir l'infrastructure d'une application Java) ou des applications dites front end comme des applications React (bibliothèque JavaScript, pour faciliter la création d'application web). La vraie valeur ajoutée d'un conteneur est de pouvoir bénéficier de plusieurs applications pouvant être fonctionnelles sur le même serveur physique. Chaque conteneur peut avoir son propre environnement sans impacter les autres conteneurs.

L'interlocuteur m'indique que, grâce à l'intégration continue et la livraison continue ou encore le déploiement continu, il est possible de générer via des images docker « génériques » un environnement complet pour les développeurs et ses applications dédiées. Cela permet de déployer sans efforts de nouvelles applications sur un même serveur physique. Avec la rapidité de déploiement qu'offre les conteneurs il est possible de faire plusieurs versions d'une application par jour et donc d'accroître fortement les cycles de développement.

Comme énoncé précédemment, nous avons pu échanger au sujet du « time to market » qui correspond au temps qu'il faut entre la conception d'une application et sa mise en production. Selon le développeur de l'entreprise SFEIR, plus le time to market est court et plus les itérations de développements seront fréquentes. Dans le but de ne pas ralentir tout ce processus il est nécessaire que les temps de développement et de déploiement soient aussi courts que possible.

Monsieur J m'a également fait part de son expérience sur les deux technologies lorsqu'un développeur doit mettre en production son application. Grâce à la conteneurisation, on peut avoir plusieurs versions différentes d'une même application, si la version de production est version n , on peut avoir très facilement la version $n-1$ ou $n-2$ etc... sans problème. Cela permet en cas de dysfonctionnements sur la version en cours de repasser sur une version antérieure sans difficultés.

Avant sur une machine virtuelle, il fallait s'occuper de tout l'environnement, vérifier que rien ne peut entraver la mise en production ou rendre inaccessible le serveur, mettre à jour, vérifier le bon fonctionnement etc... Globalement, la mise en production d'une application qui s'appuie sur une VM devient une tâche bien plus fastidieuse et plus longue.

Concernant les limites de la conteneurisation dans le développement d'applications, malheureusement, un conteneur reste assez limité. Il convient très bien pour une application, mais lorsque l'on doit gérer plus d'une centaine d'applications ce n'est pas forcément très adapté. Pour cela, le sondé m'explique qu'il existe des orchestrateurs de conteneurs (Kubernetes, Rancher, Openshift...). Grâce à ces outils, il est beaucoup plus facile de gérer son parc de conteneurs grâce à différents clusters, eux-mêmes découpés en espaces virtuels que l'on pourrait imager par un dossier.

Brièvement, les conteneurs, les outils d'intégration continue et les orchestrateurs permet un développement d'application qui n'a jamais été aussi rapide. On peut avoir les cycles de déploiement à la journée voir même moins. A contrario il serait impensable de faire ceci avec des machines virtuelles traditionnelles.

3.1.1.2 Synthèse interview, profil administrateur système linux

Concernant l'interview de monsieur P, nous avons pu échanger sur l'intérêt des conteneurs, l'accélération dans les processus de déploiement par rapport à un hébergement sur une machine virtuelle, les limites de la conteneurisation, la possibilité de remplacer tous les déploiements de machines virtuelles par des conteneurs et sur l'infrastructure as code qui participe à l'accélération des déploiements.

Pour cela, j'ai cherché à comprendre l'intérêt des conteneurs dans un cadre professionnel, avec les avantages qu'ils peuvent apporter. Cela m'a permis de poser le contexte et de comprendre les raisons de l'utilisation des conteneurs pour l'université de Lorraine. Ensuite, j'ai questionné monsieur P sur les limites de la conteneurisation, car il est essentiel de savoir où l'on va, mais aussi jusqu'où peut-t-on aller. J'ai également évoqué le sujet du remplacement de tous les déploiements de machines virtuelles par des conteneurs dans le but de connaître le type d'infrastructure que l'on pourrait avoir si l'on décide de passer à la conteneurisation et quelles mesures les entreprises devront prendre en compte. Enfin, j'ai abordé la question de l'infrastructure-as-code pour savoir si ce nouveau type de gestion participe à l'accélération des déploiements car avec un Eco système de conteneurisation ce schéma est très présent. Ce sujet est important d'un point de vue opérationnel pour juger de l'efficacité de chacune des deux technologies.

Les conteneurs présentent divers avantages comme des déploiements très rapides, ce qui est utile pour tester des applications sans devoir se préoccuper de la gestion des dépendances. Cela va également permettre de gérer facilement la mise à l'échelle des services conteneurisés. Globalement, c'est beaucoup plus simple et rapide que de déployer ou redéployer une machine virtuelle.

D'après l'administrateur linux, la conteneurisation accélère les déploiements en facilitant le travail d'équipe. En effet, cette technologie fonctionne sous le principe « d'infrastructure as code », c'est-à-dire que tous les processus qui vont être réalisés sont décrit en mode « déclaratif » (on décrit l'état désiré). Ce qui permet aux équipes de ne plus nécessairement investir autant d'énergie dans la documentation qu'auparavant, ni de la tenir constamment à jour. Les personnes qui vont reprendre le code vont très rapidement comprendre comment ce dernier fonctionne. Cela fait gagner du temps aux équipes. Mais cette accélération ne se fait pas obligatoirement, par exemple, lorsqu'il faut écrire tout le code. Ce temps d'écriture peut être équivalent au temps des opérations « manuel ». L'accélération phénoménale que permet l'infrastructure as code se trouve dans les opérations de maintenance, l'ajout de service ou pour la mise à l'échelle. Il suffit de « jouer » ou « rejouer » le code pour déployer une toute nouvelle infrastructure ou application afin de réaliser des tests. Dans ces cas de figure, la conteneurisation, qui fonctionne sur ce principe permet une réelle accélération dans les processus de déploiement.

Concernant la vitesse de déploiements, dans le futur, il sera certainement possible de réaliser cette tâche encore plus rapidement avec des optimisations ou l'utilisation de logiciels qui la facilitera davantage. Mais sans doute pas avec une nouvelle technologie, car la conteneurisation est déjà très bas au niveau des couches applicatives, en effet il n'y a que l'application qui est virtualisée.

Selon monsieur P, les conteneurs ne pourront pas remplacer tous les déploiements de machines virtuelles pour plusieurs raisons. Il y a les environnements Microsoft, ils sont actuellement impossibles à conteneuriser. Cependant, il est possible de conteneuriser tous les services web. Sachant que le domaine de l'informatique évolue et s'adapte constamment, on remarque qu'il y a de moins en moins d'applications et logiciels fonctionnant avec un client lourd. La plupart du temps, ce sont des applications web. Donc il est possible d'utiliser la technologie de conteneurs et ce, de plus en plus ; mais pas totalement.

D'une manière générale, la conteneurisation est très rapide pour appliquer les mises à jour et les patches de sécurité. La technologie permet de faire évoluer l'infrastructure facilement et rapidement. Le maintien est également plus facile et donc plus rapide.

3.1.2 La conteneurisation permet-elle aux équipes IT d'être plus performantes ?

3.1.2.1 Synthèse interview, profils ingénieurs DevOps

Pour m'apporter un maximum de réponse sur cette hypothèse d'un point de vue humain et plus particulièrement, sur la performance des équipes informatique, j'ai fait le choix de questionner deux profils différents. Un ingénieur DevOps dans l'entreprise ORNESS (*monsieur X*) et également Youtubeur (chaîne YouTube spécialisée dans les formations sur les outils DevOps, Linux et l'open source). Le deuxième profil est ingénieur DevOps chez Ubisoft Montréal (*monsieur T*). Lui aussi a une chaîne YouTube et partage des formations sur l'outil Docker.

Durant ces deux interviews, j'ai pu aborder les sujets suivants, les technologies de conteneurs associées au terme DevOps, une démarche DevOps sur une infrastructure composée de machines virtuelles, la gestion d'une infrastructure de conteneurs sans démarche DevOps et la formation aux outils DevOps.

Dans les résultats de mon état de l'art, la notion de "DevOps" est ressortie à de multiples reprises. Je n'arrivais pas à voir réellement le lien entre la conteneurisation et le terme "DevOps". J'ai décidé de questionner monsieur T et monsieur X pour connaître leur opinion sur le sujet. Ensuite, j'ai voulu savoir pourquoi cette démarche n'est pas valable ou du moins pas présente sur des infrastructures virtuelles. Ces deux points me permettent de mettre en concurrence et de comparer les deux technologies. Pour prendre en considération tous les cas de figure, j'ai interrogé mes interlocuteurs sur la faisabilité de la gestion d'une infrastructure de conteneurs sans démarche DevOps. Pour terminer, j'ai demandé comment se déroulait la formation aux nouveaux outils qui accompagne la conteneurisation et de ce fait, les équipes IT.

D'après ces deux personnes, il y a un trio d'éléments qui sont le DevOps, le cloud et la conteneurisation, ils vont tous les trois ensemble. Ils permettent de répondre à un besoin qui a émergé il y a quelques années.

Avant l'arrivée des conteneurs, l'informatique était comparable à une méthode « artisanale ». C'est-à-dire que les développeurs et administrateurs système faisaient tout à la main, sans aucune automatisation, c'était très répétitif et chronophage.

Avec les conteneurs, on peut comparer cette pratique avec « l'industrialisation ». Il y avait un besoin qui était, la gestion du versionnage (gestion des versions du code d'une application par exemple) dans les processus de développement d'applications. L'objectif des développeurs était de pouvoir mettre leurs applications en production de plus en plus vite. La conteneurisation permet d'y répondre. Le but des conteneurs correspond parfaitement avec celui d'une démarche DevOps. Cela permet d'être agile et véloce, d'après monsieur T.

Au niveau de la performance des équipes les deux profils trouvent un réel avantage à la technologie de conteneurisation. Elle permet de fournir une réponse aux clients, et ce, de manière très rapide. Cela permet de mettre en avant la réactivité des entreprises.

La conteneurisation permet également aux équipes de pouvoir itérer plus rapidement donc de réaliser des tests plus régulièrement. Les équipes produisent alors plusieurs versions d'une application dans une même journée.

Les machines virtuelles ne permettent pas d'être assez réactives pour bénéficier de la rapidité des conteneurs et de leurs performances. La virtualisation n'a pas été conçue pour être utilisée ainsi.

Selon les interviewés, le DevOps équivaut à l'automatisation. La conteneurisation ne veut pas forcément dire qu'il faut mettre en place une démarche DevOps pour l'utilisation de cette technologie. Elle peut simplement apporter d'autres réponse. Comme uniquement l'aspect « Ops » avec de simple déploiements de service très rapide. Ou même pour effectuer des tests, en déployant des services et applications que l'on désire tester tout en s'affranchissant de la complexité des installations.

Concernant l'efficacité des formations aux outils Devops en entreprise, cela va dépendre de l'intérêt que cette dernière va porter au projet de conteneurisation. Si elle est attirée, par la mise en place de la technologie, la formation va être rapide et efficace. Au contraire, si elle est réticente et qu'il n'y a pas assez de ressources impliquées et passionnées par le projet, la mise en place va être laborieuse.

Une bonne pratique serait de commencer par des petites formations avec tous les acteurs du projet pour mettre tout le monde sur un même pied d'égalité en termes de connaissances de base avant même la mise en place, me fait part monsieur X.

Un projet comme celui-ci renforce la collaboration, tout le monde travaille avec les mêmes versions et les mêmes outils. Cet ensemble de choses permet également d'améliorer la communication entre les équipes de développeurs et d'administrateurs système. En effet,

cela va créer un « standard » entre les 2 équipes. La collaboration en sera améliorée, il y aura donc moins de frictions entre eux, et donc moins de ralentissement dans les tâches ou dans les projets, selon Thomas.

Une bonne conteneurisation permet d'améliorer la performance des équipes. A contrario, une mauvaise gestion entraînera les mêmes problèmes qu'avec la virtualisation (problèmes de rapidité, souci de versionnage dans les projets...).

Pour la mise en place au niveau de l'entreprise, pour réussir une bonne conteneurisation, il va falloir parler des tests et des règles de nomenclature. Définir une méthodologie est essentiel pour ne pas rencontrer les problèmes énoncés précédemment.

3.1.3 La conteneurisation présente-elle un gain financier pour l'entreprise ?

3.1.3.1 Synthèse interview, profil cadre stratégique

Afin de recueillir des réponses sur l'aspect financier de la conteneurisation, j'ai choisi de sonder le Sous-directeur des infrastructures de l'université de Lorraine. Cela m'a permis d'avoir une vision avec une prise de hauteur, et de développer le côté stratégique de cette thèse.

Durant cette interview nous avons échangé à propos de différents sujets comme, les besoins initiaux qui ont motivé l'utilisation des conteneurs pour l'université de Lorraine, l'évaluation du budget pour mettre en place une infrastructure conteneurisée, la gestion de la formation du personnel sur les environnements de conteneurs et l'avantage ou l'inconvénient financier lorsque l'on fait cohabiter de la virtualisation et de la conteneurisation.

Afin de récolter des informations sur l'aspect financier de la conteneurisation, j'ai voulu comprendre d'un point de vue stratégique les besoins initiaux qui ont motivé l'utilisation de cette dernière. En fonction des besoins et de leur importance, le budget qui va être consacré à de fortes chances d'être corrélé. Ensuite, j'ai voulu en savoir plus sur l'évaluation du budget pour mettre en place une infrastructure conteneurisée. Pour être capable par la suite de juger si cette technologie va être financièrement accessible même pour les plus petites entreprises ou Start-up. Dans mes précédentes interviews, j'ai pu échanger sur les formations des équipes aux nouveaux outils qui sont associés à la conteneurisation. J'ai profité d'être en relation avec un cadre stratégique pour savoir comment s'organise la gestion des équipes vis-à-vis de ces formations et de leurs coûts.

Pour l'Université de Lorraine, le premier besoin qui a motivé l'utilisation des conteneurs était de trouver une solution qui permet de dupliquer un service simplement et rapidement (des sites web par exemple pour monsieur S). Il y avait également un besoin d'automatiser cette duplication. Il fallait aussi une solution pour gérer facilement et rapidement la montée en charge des services (dans le cas de l'Université: les périodes d'inscriptions). La conteneurisation répond parfaitement à ces besoins, elle permet aussi de redémarrer ou relancer un service très rapidement et d'avoir une continuité et une disponibilité maximale.

Avec les machines virtuelles, il faut obligatoirement un système d'exploitation pour chacune d'entre elles, et ce même pour un service ne demandant que très peu d'espace disque, de

mémoire ou de processeur. Lorsque l'on a énormément de services peu consommateurs, nous pouvons nous poser la question suivante : « est-ce que cela est utile ? Peut-on optimiser l'utilisation de nos ressources ? » me fait part monsieur S.

Encore une fois, la conteneurisation répond à ces questions, en « virtualisant » uniquement le service ou l'application voulue. C'est beaucoup moins consommateur en termes de ressources, et financièrement cela permet d'abaisser les coûts d'infrastructure.

Pour évaluer le budget, il y a trois critères à prendre en compte :



Selon le sous-directeur des infrastructures, il est préférable de réfléchir au coût à l'année, notamment pour le support. Si l'entreprise décide de mettre en place de la conteneurisation, cette dernière sera une nouvelle technologie au sein du système d'information. Si l'on souhaite l'utiliser pour les services critiques, tels que la messagerie, le service DNS ou radius (protocole client-serveur permettant de centraliser des données d'authentification), il est plus rassurant d'avoir un support ou un accompagnement externe avec les bonnes compétences.

Pour les premières étapes de mise en place et pour les phases de tests, l'Université de Lorraine s'est appuyée sur les compétences personnelles de ses administrateurs système ainsi que des formations sur le tas et de la veille technologique. Pour continuer à développer ce projet, un financement pour des formations a été réalisé auprès d'organismes externes et de prestations.

Pour une entreprise ayant une infrastructure comportant uniquement des conteneurs faire cohabiter des machines virtuelles et des conteneurs ne présentera aucun avantage financier. Le coût sera supérieur en termes de licences, de performances et de ressources. D'après monsieur S.

A contrario, si l'infrastructure comporte des services qui ne peuvent pas être dans des conteneurs, les machines virtuelles vont être obligatoires pour ces derniers. Dans ce cas de figure, il est préférable d'utiliser l'infrastructure virtuelle pour les conteneurs.

Pour monsieur S, il est tout de même légitime de se poser la question, est-ce qu'il serait intéressant financièrement de « scinder » l'infrastructure en deux parties :

- Une infrastructure dédiée aux machines virtuelles
- Une infrastructure dédiée aux conteneurs

Il faut alors que l'infrastructure de conteneurs soit assez significative et sollicitée sinon l'intérêt financier ne sera pas positif (plus de serveurs et de maintenance à gérer). Il n'y a pas d'infrastructure « parfaite », tout va dépendre de l'utilisation et des objectifs afin d'avoir le meilleur rapport « qualité/prix ».

La conteneurisation présente un gain financier « indirect » qui n'est pas directement lié à l'informatique. Cette technologie va permettre plus de fiabilité pour les services. Elle offre l'avantage de délivrer un service ou une application plus rapidement (le time-to-market). Pour les entreprises qui vendent un « business » la conteneurisation va forcément augmenter le rendement donc les gains financiers, selon le point de vue de l'interviewé.

Cependant, l'intégration de la conteneurisation ou d'une démarche DevOps au sein d'une entreprise ne représente pas immédiatement un gain. Il y aura le coût des formations, peut-être du nouveau matériel à acquérir ainsi que des nouvelles licences.

3.1.4 La conteneurisation est-elle une technologie sécurisée ?

3.1.4.1 Synthèse interview, profil administrateur réseau et sécurité

Dans le but de savoir si la conteneurisation est une technologie sécurisée, j'ai interviewé un réseau et sécurité dans l'entreprise FELIX informatique.

Durant l'interview nous avons eu l'occasion de parler de différents points concernant la sécurité des conteneurs comme par exemple, l'isolation des processus, l'utilisation des images de conteneurs, l'intégration de tests de sécurité et de déploiements automatisés ou encore les attaques les plus utilisées sur les infrastructures de conteneurs.

Pendant la réalisation de mon état de l'art je me suis aperçu que beaucoup de professionnels de l'informatique parlaient de l'isolation des processus qu'apporte la conteneurisation par rapport à la virtualisation. J'ai donc questionné monsieur H dans le but de savoir si cette isolation permettait à la technologie de lui donner plus de sécurité que son "concurrent". En faisant des recherches sur l'utilisation de la conteneurisation, je me suis aperçu qu'il y avait un système d'image de conteneurs fait par la communauté pour la communauté. En sachant cela, j'ai profité de cette interview pour savoir si cette pratique pouvait constituer une faille de sécurité lorsque l'on utilise ces dites images dans un environnement de production. On prône également la notion de déploiement automatisé lorsque l'on utilise la conteneurisation. J'ai abordé le sujet en demandant si cette automatisation faisait accroître la sécurité des infrastructures, en s'affranchissant d'une procédure ou d'une opération « humaine ».

Enfin, comme les deux technologies ne reposent pas sur le même fonctionnement ni sur les mêmes outils, je voulais savoir quelles étaient les attaques les plus utilisées par les pirates sur les infrastructures de conteneurs. Car il est plus facile de se défendre de ces derniers lorsque l'on a connaissance des méthodes de compromissions.

Selon monsieur H les conteneurs offrent l'avantage de pouvoir isoler les processus, les services et applications. En effet, cette isolation offre plus de sécurité. Il faut tout de même fiabiliser l'élément conteneurisé, car une compromission peut permettre à un pirate d'avoir accès au système hôte et lui conférerait un accès total.

Les conteneurs s'appuient sur des « images » pour fonctionner. Il est possible d'utiliser celles créées par la communauté ou bien la concevoir soit même. Cependant, une image docker, même sur le docker hub (dépôt d'images communautaire) n'est pas sécurisé, car il n'y a aucun processus de vérification. Pour l'administrateur réseau et sécurité, nous pouvons nous fier aux

images officielles publiées par les entreprises lorsque ces dernières sont bien notées et communiquées par les éditeurs officiels. Dans un contexte d'entreprise et de production, la bonne pratique à avoir est d'adapter la configuration de l'image afin d'être en phase avec la politique de sécurité de l'entreprise.

La conteneurisation rend les phases d'intégration de tests de sécurité et d'automatisation de déploiement très facile. Sans cela, la contrainte au niveau humain est très forte, et demande beaucoup d'investissement. D'après monsieur H si la politique de sécurité de l'entreprise s'interface bien avec cette automatisation, la sécurité s'en voit alors augmentée.

Concernant les attaques réalisées contre les conteneurs, le sondé me fait part que ce sont globalement les mêmes que celles menées contre des machines virtuelles. Les pirates informatiques cherchent à attaquer un service ou une application et non la technologie en elle-même.

Cependant, les technologies de conteneurs sont de plus en plus présentes dans les systèmes d'informations. Les attaques informatiques visant Docker ou autre plateforme de conteneurisation se développent de plus en plus.

La conteneurisation permet d'isoler les services, applications et processus. Mais il faut veiller à bien sécuriser la machine hôte en paramétrant avec soin les accès utilisateurs. Si l'on compare la sécurité d'une machine virtuelle et celle d'un conteneur, en partant du fait que les deux sont sécurisées correctement, les technologies se valent. Toutefois, la performance sera supérieure pour les conteneurs.

3.2 Enquêtes quantitatives

Concernant mon enquête quantitative, j'ai réalisé un questionnaire ciblant toute personne en lien avec le domaine informatique, aussi bien les ingénieurs que les cadres opérationnels en passant par les étudiants. Ainsi, j'ai pu diffuser ce dernier sur les différents réseaux sociaux tel que Twitter, LinkedIn et Discord, dans le but de cibler un maximum de personnes. J'ai ainsi obtenu un total de 188 réponses.

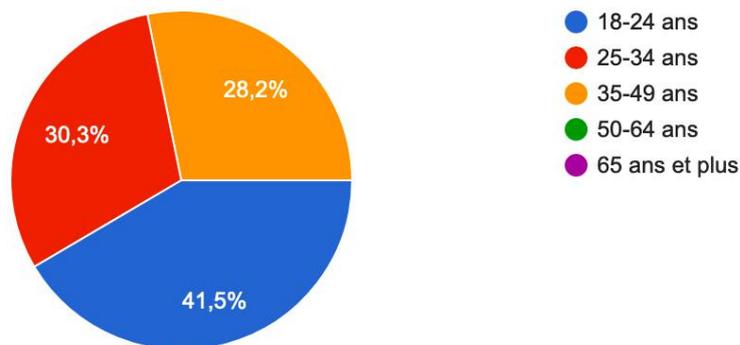
3.2.1 Identification des profils

La structure de mon questionnaire se compose de trois parties. J'ai dans un premier temps cherché à identifier le profil du répondant en demandant son âge, sa situation professionnelle, le domaine dans lequel il travaille et s'il utilise des technologies de conteneurs.

Ci-dessous les graphiques représentant ces profils :

Quel est votre âge ?

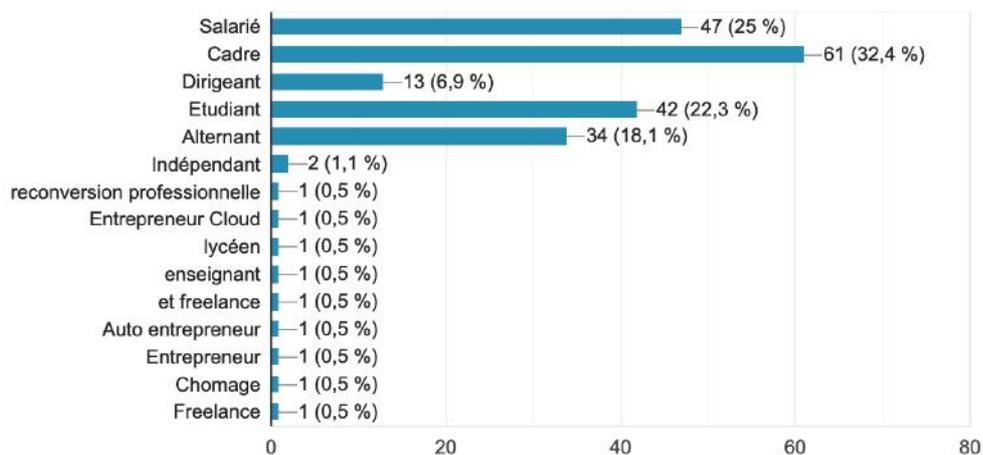
188 réponses



Graphique enquête quantitative 1 : Répartition de la tranche d'âge des sondés

Quelle est votre situation professionnelle ?

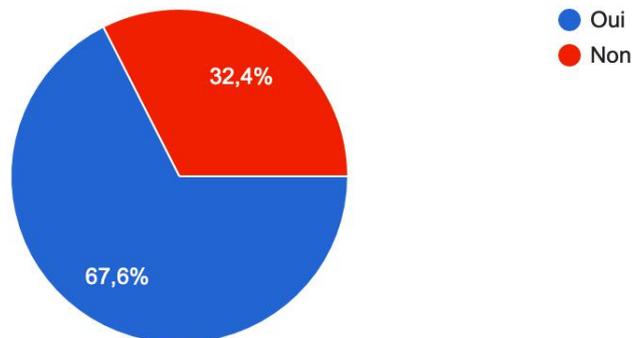
188 réponses



Graphique enquête quantitative 2 : Répartition de la situation professionnelle des sondés

Est-ce que vous utilisez des technologies de conteneurs (Docker, Kubernetes, LXC/LXD...) dans le cadre professionnel ?

188 réponses



Graphique enquête quantitative 3 : Répartition de l'utilisation de la conteneurisation des sondés

Parmi ceux ayant répondu à mon questionnaire, ils sont une majorité à se situer dans la tranche d'âge 18-24ans. On peut voir également qu'il y a un nombre important de cadres qui ont participé à cette enquête. Plus de la moitié des sondés ont répondu positivement à l'utilisation des technologies de conteneurs.

3.2.2 Les profils faisant usage de la conteneurisation

La deuxième partie de mon questionnaire est réservée aux personnes utilisant la conteneurisation. Parmi mon panel de 188 personnes 127 d'entre elles utilisent cette technologie. Les questions au sein de cette partie, rejoignent mes hypothèses, avec des interrogations sur la performance des équipes, le gain financier, la sécurité et des questions plus techniques. Cette partie va me permettre de récolter les avis et les points de vue de nombreux professionnels utilisant cette technologie. Je vais pouvoir me servir de ces statistiques pour confirmer ou infirmer mes hypothèses avec des justifications.

Globalement, les sondés utilisent la conteneurisation pour deux principales :

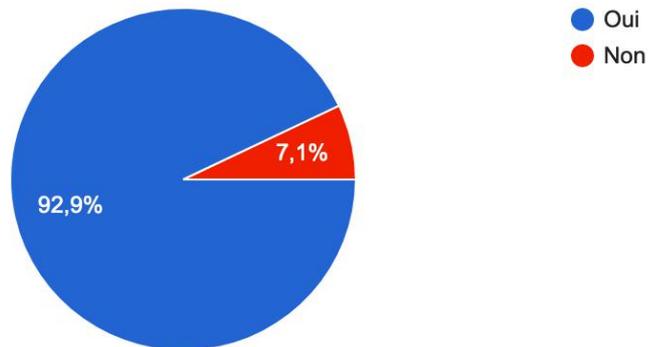
Pour le
développement
d'applications

Pour le
déploiement de
micro-services

On remarque également, qu'ils sont une très grande majorité à être satisfait de la technologie et d'avoir constaté une accélération dans leur processus de déploiement et de développement. Selon 63 % d'entre eux, l'utilisation des conteneurs a permis aux équipes IT d'augmenter leurs performances. Comme le montrent ces graphiques :

Êtes-vous satisfait de la technologie ?

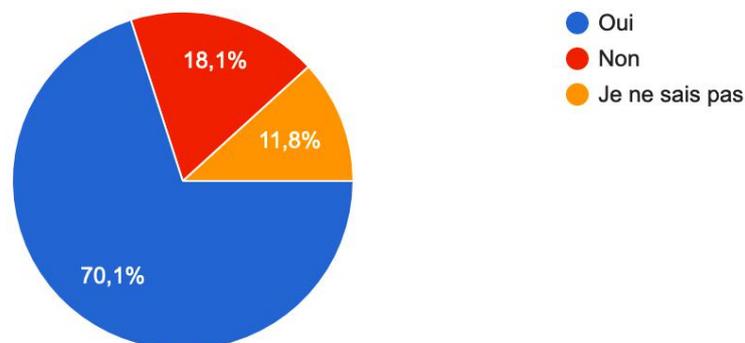
127 réponses



Graphique enquête quantitative 4 : Satisfaction des sondés vis-à-vis de la conteneurisation

Avez-vous remarqué une accélération dans vos processus de développement d'applications ou de déploiement de micro-services ?

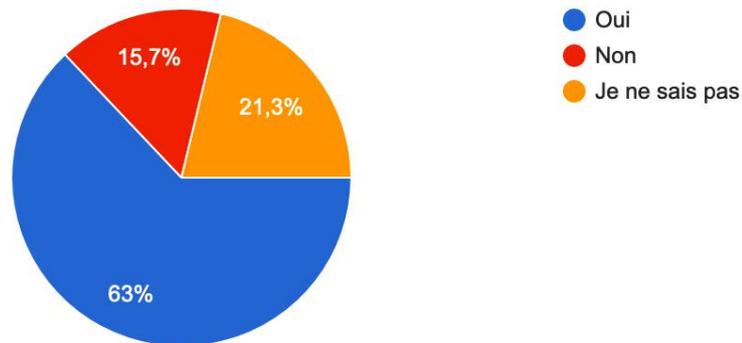
127 réponses



Graphique enquête quantitative 5 : Avis sur l'accélération que peut offrir la conteneurisation

Est-ce que l'utilisation des conteneurs a permis aux équipes de développeurs et administrateurs d'être plus performants ?

127 réponses

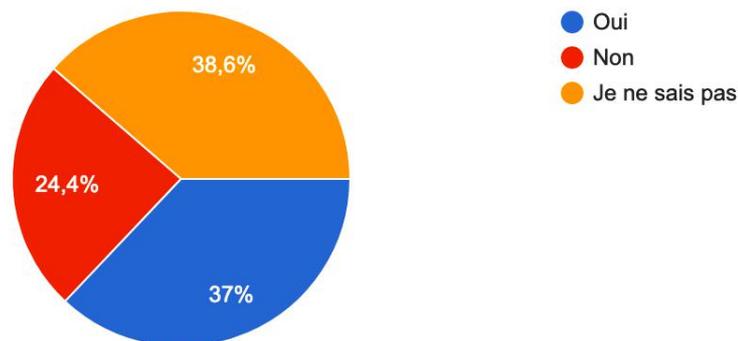


Graphique enquête quantitative 6 : Avis sur la performance des équipes avec l'utilisation de la conteneurisation

Ensuite, j'ai orienté mes questions sur l'aspect financier, le graphique suivant montre que 49 répondants parmi les 127 ayant répondu à la question n'ont pas connaissance d'un gain financier vis-à-vis de l'utilisation de la conteneurisation. 36 d'entre eux sont des salariés, étudiants ou alternants. Il y a également 14 cadres et dirigeants ne sachant pas définir si oui ou non la conteneurisation a généré un gain financier. A contrario, les 20 sondés ayant affirmé une augmentation financière sont tous des cadres et dirigeants.

Est-ce que l'utilisation de la conteneurisation a entraîné un gain financier (en terme d'utilisation des ressources matérielles et humaines)

127 réponses



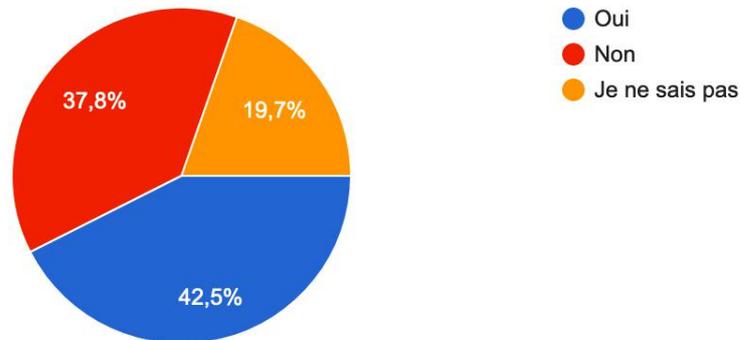
Graphique enquête quantitative 7 : Avis financier quant à l'utilisation de la conteneurisation

Dans la suite de ce questionnaire, je me suis intéressé à la façon dont les sondés se sont ou se forment aux technologies liées à la conteneurisation. Ces informations me permettront de juger par la suite, les mesures à prendre par les entreprises voulant elles aussi s'initier et utiliser cette technologie au sein de leur SI. Je constate que pour 81,9 % les personnes ont pratiqué de l'auto-formation et 70,1 % se sont formées au contact de leurs collègues. Cependant 17,3 % d'entre eux ont suivi une formation prise en charge par leur entreprise.

Toujours en relation avec mes hypothèses, j'ai recensé les avis des répondants sur la sécurité de la conteneurisation. Le graphique suivant montre que si les avis divergent les pourcentages qu'ils recueillent sont assez voisins (moins de 5% les séparent).

Selon vous, la conteneurisation est une technologie sécurisée ?

127 réponses



Graphique enquête quantitative 8 : Avis sur la sécurité des conteneurs

A la question « Selon-vous, la conteneurisation est une technologie sécurisée ? », 54 personnes ont répondu par l'affirmative. Parmi elles, 24 ont des postes de cadres et de dirigeants et 30 ont un profil d'étudiants, alternants ou salariés. Selon eux, la conteneurisation est une technologie sécurisée pour plusieurs raisons. Celle qui revient le plus souvent est l'isolation et le cloisonnement des applications, micro-services et environnements. Il y a aussi le principe d'immutabilité des applications en production offert par la conteneurisation. On retrouve, l'hardénisation (durcissement) des images avec des vérifications de vulnérabilités avant la mise en production.

A contrario, les 48 autres sondés (22 sont des cadres/dirigeants et 26 sont des étudiants/alternants/salariés), portent un autre discours sur la sécurité que pourrait apporter la conteneurisation, par rapport à la virtualisation. De manière générale, leur avis tend vers le même point de chute : la manière dont vont être sécurisés les environnements. Ils apportent quelques justifications comme :

« Une technologie aura beau avoir la meilleure sécurité, ce sont les humains qui au final vont la mettre en œuvre. »

« Cette technologie est sécurisée, si les bonnes pratiques sont respectées et que l'implémentation en production est faite selon les règles. L'isolation des conteneurs au niveau du système permet cette sécurité, mais les applications qui s'exécutent dans les conteneurs doivent être adaptées »

« Si on parle d'isolation stricte entre les processus, la virtualisation offre une meilleure isolation. Cependant, au sein d'une même entreprise, une isolation forte type VM ne se justifie pas forcément. De plus, la plupart des failles se situent au niveau de l'application elle-même, c'est à ce niveau qu'il faut concentrer les efforts. Un contrôle strict des permissions est un des moyens efficaces pour sécuriser une infrastructure conteneurisée »

Il y a aussi 19,7 % qui ne savent pas si la conteneurisation est une technologie sécurisée.

On remarque également, qu’une grande majorité utilise la virtualisation et la conteneurisation en complémentarité. La plupart des sondés ne pensent pas que la conteneurisation va remplacer la virtualisation. Le tableau ci-dessous, montre la répartition de la cohabitation les deux technologies, et le ratio des répondants vis-à-vis du remplacement de la virtualisation.

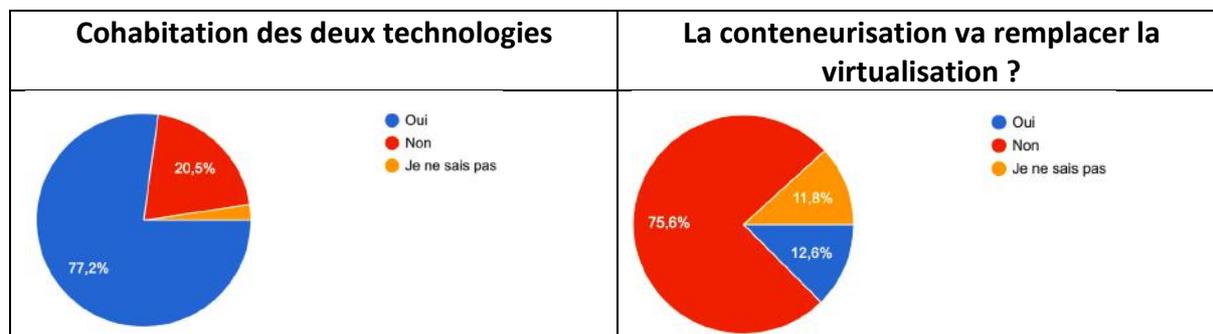
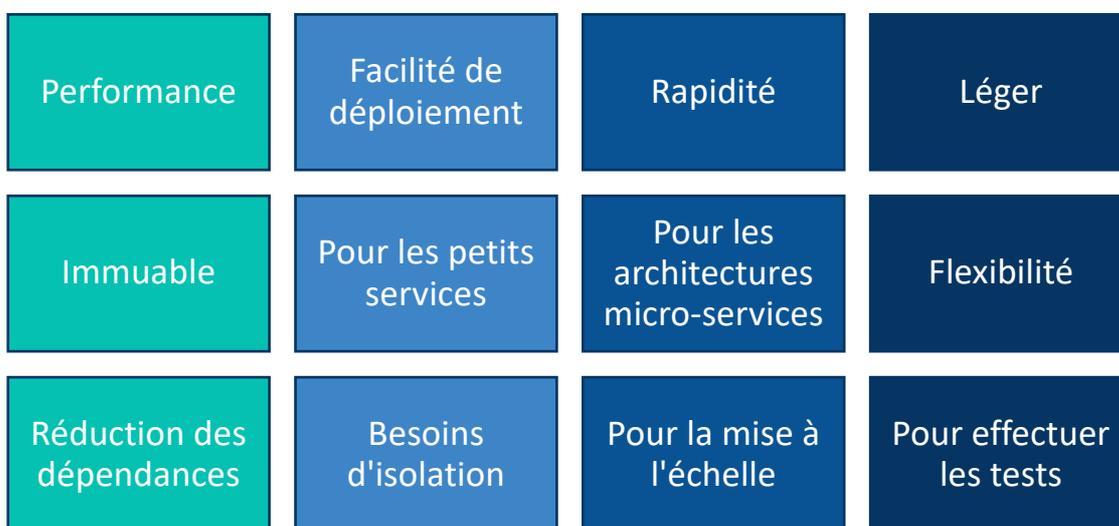


Tableau enquête quantitative 1 : Avis sur la cohabitation des deux technologies & sur le remplacement de la virtualisation par la conteneurisation

J’ai également demandé dans mon questionnaire des éléments de justifications afin de mieux comprendre leurs réponses et leurs points de vue. Parmi ces dernières, je remarque que la plupart des personnes justifient leurs réponses par des besoins différents qui vont être comblés par la conteneurisation et la virtualisation. Et par des utilisations complémentaires pour faire des économies en termes de ressources.

Pour les personnes ayant un avis contraire, ils justifient le remplacement de virtualisation par d’autres raisons. Ils pensent que la conteneurisation est plus simple, plus légère et plus performante.

Je me suis intéressé aux raisons qui ont poussé ces personnes à utiliser la conteneurisation au profit des machines virtuelles. Ci-dessous les principales raisons des 125 personnes ayant répondu à cette question.



Ces raisons vont m'être utiles dans la prochaine partie de ce document, notamment pour la compréhension des besoins des entreprises vis-à-vis de la conteneurisation par rapport aux limites de la virtualisation.

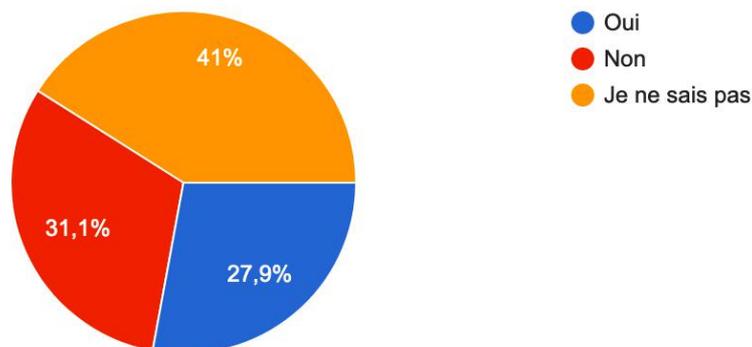
Ce que l'on peut retenir de cette partie (les sondés qui utilisent la conteneurisation), c'est qu'ils ont plus ou moins tous les mêmes points de vue vis-à-vis de cette technologie. Selon les réponses que j'ai pu récolter, les deux technologies vont globalement de pair, mais ne répondent pas tout à fait aux mêmes besoins.

3.2.3 Les profils ne faisant pas usage de la conteneurisation

La dernière partie de mon questionnaire est destinée aux personnes ne faisant pas usage de la conteneurisation. Parmi mon panel de 188 personnes 61 d'entre elles n'utilisent pas cette technologie. Les questions au sein de cette partie, rejoignent encore une fois mes hypothèses, avec des interrogations faites pour que je comprenne ce qui freine ou retient ces personnes dans l'utilisation de conteneurisation. Cette partie va me permettre de récolter les avis et les points de vue de nombreux professionnels.

On peut noter que les deux raisons principales de cette non-utilisation relèvent d'un intérêt et d'une utilité qui n'est pas avérée pour eux, mais aussi les capacités techniques qui ne sont pas assez développées pour permettre une utilisation de la conteneurisation dans de bonnes conditions. On retrouve également l'aspect financier ou encore une réticence au changement.

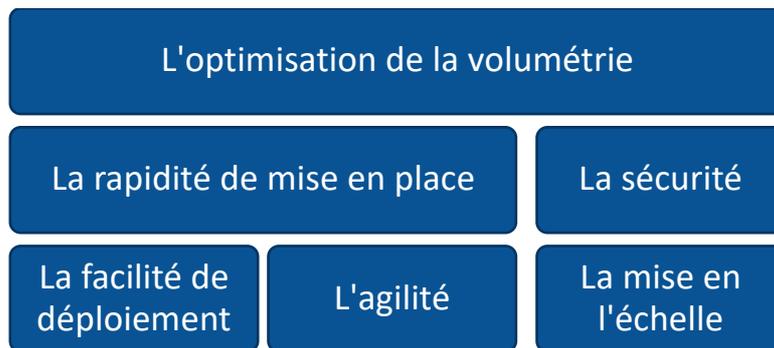
Ensuite, j'ai cherché à savoir parmi ces 61 personnes lesquelles aimeraient utiliser de la conteneurisation pour le développement de leurs applications ou pour le déploiement de leurs micro-services. Voici les statistiques qui en sont sorties :



Graphique enquête quantitative 10 : Répartition des sondés qui souhaiteraient utiliser la conteneurisation dans leurs projets de développement et de déploiement

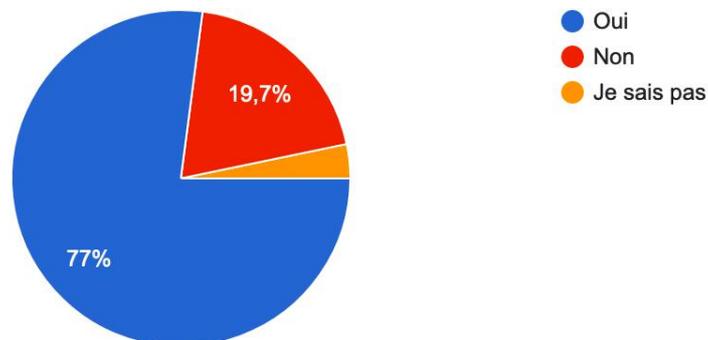
Le graphique précédemment démontre que la majorité n'a pas d'avis sur le sujet, c'est sans doute dû à la nouveauté de la technologie de conteneurisation.

Les raisons pour lesquelles 27,9 % des sondés souhaiteraient utiliser cette technologie sont multiples, on retrouve notamment :



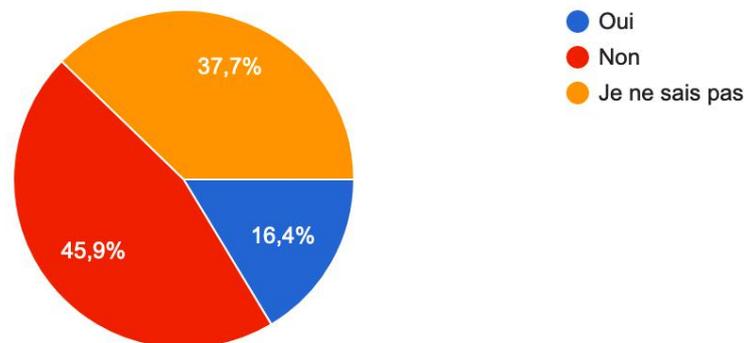
Je peux faire un parallèle avec les 12 raisons citées précédemment qui concourent à l'utilisation de la conteneurisation. Tous les avantages ne sont pas suffisamment connus. On peut noter des différences sur les principes d'immuabilité ou encore la réduction des dépendances.

Sachant que ces personnes n'utilisent pas la conteneurisation, j'ai orienté une question afin de connaître leurs méthodes pour le développement d'applications et le déploiement de micro-services. On peut voir d'après ce graphique que 47 des 61 personnes utilisent la virtualisation.



Graphique enquête quantitative 11 : Répartition des sondés qui utilisent la virtualisation dans leurs projets de développement et de déploiement

Afin de comparer les différents profils (ceux qui utilisent la conteneurisation et ceux qui ne l'utilisent pas) j'ai également demandé à ce panel s'ils pensent que cette technologie va remplacer la virtualisation. Voici les statistiques obtenues :



Graphique enquête quantitative 12 : Répartition des sondés vis-à-vis de l'utilisation des deux technologies

Je remarque tout de même qu'il y a un certain équilibre entre ceux qui pensent que la virtualisation va subsister et ceux que n'en savent rien.

Toutes ces données, qu'elles proviennent de mon étude qualitative ou bien mon enquête quantitative, vont me permettre dans la prochaine partie d'analyser ces dernières puis de d'apporter une réponse à mes hypothèses ainsi qu'à ma problématique.

4. ANALYSE

Cette partie a pour but de fournir l'analyse et la réponse aux hypothèses. Je vais vous présenter les résultats auxquels j'ai abouti avec les informations récoltées par le biais de mon état de l'art, mes interviews et mon questionnaire.

Ayant traité ma problématique méthodiquement et avec assez de recul, je vais apporter mes préconisations, en m'appuyant sur les connaissances théoriques et les référentiels du domaine de cette thèse.

Cette analyse va être présentée par hypothèses. Après avoir répondu à ces dernières, je répondrai à la problématique de ce document :

Virtualisation et conteneurisation : Où se situe le point de bascule ?

4.1 La conteneurisation, accélère-t-elle le développement des applications et le déploiement de micros-services ?

Ces dernières années, les conteneurs ont changé la façon dont les applications sont conçues, ce qui a révolutionné la technologie informatique, permettant aux développeurs d'accélérer leur travail au quotidien.

Tout comme dans le domaine du transport, les conteneurs informatiques stockent les objets utilisés pour les transporter. Ils permettent aux applications et à leurs dépendances d'être transférées entre plusieurs systèmes d'exploitation. Avec leur isolement, ils s'assurent que leur contenu est le même depuis le départ jusqu'à l'arrivée, et qu'il est sécurisé.

D'après l'interview d'Alex PALESANDRO (ingénieur cloud chez D2SI, société de conseil spécialisée en cloud et DevOps) présente dans mon état de l'art, son point de vue est tel que le rôle des conteneurs consiste à minimiser la complexité associée à la configuration et à la gestion des applications, d'accélérer les développements et les cycles de production, en raison de leur flexibilité et de leur portabilité.

Cette technologie permet de virtualiser plus facilement les ressources. Par rapport aux machines virtuelles, elles démarrent et s'arrêtent beaucoup plus rapidement et le système d'exploitation peut garantir l'isolation. Par conséquent, ces ressources peuvent être plus facilement transplantées d'un système à un autre, ce qui est très adapté aux environnements cloud (62 % des entreprises utilisent le cloud public - ZDNET 2019). C'est un puissant accélérateur de développement d'applications.

Les développeurs sont parmi les premiers à utiliser la conteneurisation par sa faculté à résoudre un gros problème : migrer des applications d'un environnement de développement vers un environnement de production. J'ai pu le constater durant l'interview de monsieur J ainsi que dans les résultats de mon questionnaire. En utilisant la virtualisation et les machines

virtuelles, les développeurs trouvent parfois que les applications exécutées en production ne sont pas exactement identiques à celles exécutées sur le système du développeur. C'est pourquoi ils apprécient la conteneurisation, à tel point que plus d'un tiers des entreprises l'utilisent désormais (*UBM Interop ITX Cloud State Report, 2018*). Cette technologie leur facilite le package d'applications et de toutes les dépendances associées. Le développeur peut ensuite créer l'application dans un environnement de production tout en s'assurant que le comportement de celle-ci est stable (le même que sur l'ordinateur de test) comme me l'a affirmé monsieur J durant nos différents échanges. Par conséquent, ces processus favorisent l'accélération du développement des applications.

Du point de vue de l'administrateur système, je peux avancer que l'avantage est également évident d'après les échanges avec l'administrateur de l'université de Lorraine et les ressources présentes dans mon état de l'art. Le conteneur répond aux nombreux défis associés aux déploiements (rapidité de mise en place, application de mises à jour, tests...), ceci est confirmé par les participants à mon enquête quantitative. À mesure que la technologie améliore l'utilisation des ressources, elle augmente la productivité.

Mon état de l'art m'a permis d'affirmer que le développement d'applications conteneurisées affecte non seulement la façon dont les applications sont conçues, mais aussi la façon dont elles sont maintenues. Les orchestrateurs sont des outils qui aident à gérer le cycle de vie des conteneurs en fournissant des informations globales, afin d'être en mesure de configurer les applications selon ses besoins. Par conséquent, lorsque le nombre de conteneurs devient important on ne peut pas envisager la méthode de conteneurisation sans considérer les aspects liés à leur orchestration.

Selon Hela BEN FARHAT, Manager CIO pour TNP (Cabinet de conseil français hybride et indépendant spécialisé dans la transformation des entreprises), ces dernières années, nous avons assisté à une vague de solutions d'orchestration de conteneurs sur le marché, telles que Kubernetes, Docker Swarm, AWS ECS, etc.

Bien qu'il existe des différences entre ces solutions, elles répondent principalement aux besoins de gestion automatisée, qui sont les suivants :

- Le provisionning et le placement des conteneurs : le processus métier (orchestrateur) alloue et déploie les conteneurs sur l'hôte en fonction des exigences spécifiées sur la mémoire et le processeur.
- Le monitoring : les outils d'orchestration peuvent décrire les métriques et les vérifications de l'état des conteneurs et des hôtes.
- La gestion du failover des conteneurs et la mise à l'échelle : par exemple, en cas d'indisponibilité de l'hôte, l'orchestrateur vous permet de redémarrer le conteneur sur le deuxième hôte. Selon la solution d'orchestration utilisée, cette mise à l'échelle peut être manuelle ou automatique.
- La gestion des mises à jour et rollbacks des conteneurs : Le principe de la mise à jour continue permet à l'orchestrateur de mettre à jour en continu le conteneur sans provoquer de temps d'arrêt de l'application. Pendant la phase de mise à jour d'un conteneur, d'autres sont toujours disponibles pour assurer la continuité de service.

- La gestion du réseau : Comme les conteneurs sont volatiles, les informations réseau (telles que l'adresse IP) de chaque conteneur sont variables. L'orchestrateur fournit un niveau d'abstraction pour regrouper un ou plusieurs conteneurs et leur attribue une adresse IP fixe par exemple.

Ces besoins sont mentionnés dans mon état de l'art (*Focus sur l'orchestrateur Kubernetes et les conteneurs Docker – LemondeInformatique*)

Le projet Kubernetes répond exactement aux problématiques visées supra. Il a été initialement lancé par Google en 2015 puis est devenu, plus tard, un projet open source. Kubernetes est conçu pour être utilisé avec tout système de conteneur conforme aux normes. Cela permet aux programmeurs de se concentrer sur la manière dont ils souhaitent que l'application fonctionne et non pas sur les détails de leur déploiement. Il est en concurrence avec Docker Swarm (une solution de « cluster local » pour les conteneurs Docker).

De par les informations de mon état de l'art et de mes interviews, je peux dire que la conteneurisation est une véritable avancée technologique. Elle est parfaitement adaptée au développement continu d'applications et aux chaînes de livraison. Il réduit ce fameux "time to market", raccourcissant ainsi le temps entre la formation de l'idée et la réalisation de la fonction applicative comme a pu me confirmer monsieur J durant son interview. La conteneurisation peut fournir de nouvelles fonctionnalités plus rapidement. Par exemple, Facebook, Instagram, etc. Grâce à tous les mécanismes de conteneurisation et de chaîne d'intégration et de déploiement continue, une centaine de nouvelles fonctionnalités sortent chaque jour, et les utilisateurs n'en ont pas conscience.

Pour l'orchestrateur de conteneurs il existe encore des points d'amélioration. Par exemple, lors de la gestion de grandes quantités de données, il est encore possible de perfectionner l'intégration avec les fournisseurs de cloud. En outre, de nombreuses applications qui seront migrées vers le cloud risquent de ne pas pouvoir profiter des avantages de mise à l'échelle et de portabilité fournis par l'orchestration de conteneurs. Elles doivent être réécrites pour s'adapter à cette nouvelle méthode, mais cela prendrait trop de temps.

A l'appui de toutes ces informations, je peux affirmer que la conteneurisation accélère les déploiements de micro-services et les développements d'applications. En règle générale, la conteneurisation peut appliquer des mises à jour et des correctifs de sécurité très rapidement. La technologie facilite et accélère l'extension de l'infrastructure. La maintenance est également plus facile et donc plus rapide.

4.2 Est-ce que la conteneurisation permet aux équipes IT d'être plus performantes ?

D'après le guide *Conteneurs et automatisation : la voie royale vers DevOps* réalisé par LeMagIT, présent dans mon état de l'art, les conteneurs sont le nouveau favori de l'architecture logicielle. En offrant la possibilité d'isoler les applications dans des « boîtes virtuelles », les conteneurs transforment l'architecture applicative existante.

Leur engagement est double : l'agilité de par les déploiements accélérés des applications et l'interopérabilité.

Il ne faut pas oublier que ce mécanisme offre des capacités d'automatisation plus puissantes. En connectant les développeurs et le personnel d'exploitation de manière plus spécifique l'automatisation permet de créer des passerelles DevOps. Avec le cloud, encore plus, car les éditeurs PaaS (platform as a service) se sont également convertis à cette technologie (avec CaaS, ou container as a service). Les interviews de monsieur X et T m'ont permis de confirmer ces différents aspects.

Mon enquête par questionnaire a démontré qu'aujourd'hui, les micro-services et le cloud sont les principales priorités des technologies d'entreprise. La taille de ces composants peut être ajustée pour répondre autant que possible aux besoins des utilisateurs.

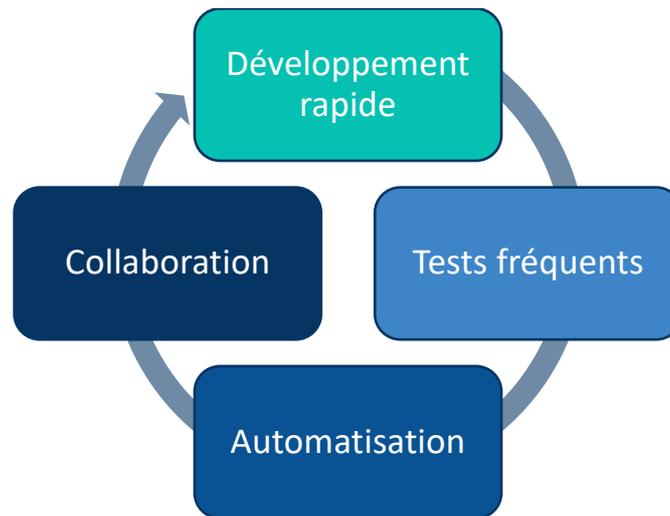
Les conteneurs conviennent parfaitement aux micro-services. En s'appuyant sur la couche OS partagée par le conteneur, divers composants peuvent être liés pour former l'application finale. En outre, les entreprises peuvent surveiller les performances et gérer les services d'équilibrage de charge pour créer ou détruire rapidement des conteneurs. Ils ont la capacité d'effectuer automatiquement des actions typiques (comme le redimensionnement).

Cela signifie qu'un déploiement cloud bien configuré peut prévenir les goulots d'étranglement dans un conteneur, désinstaller automatiquement le conteneur, puis utiliser l'équilibrage de charge pour répartir le trafic entre conteneurs et les dupliquer, pour mieux absorber cette charge supplémentaire, c'est que ce j'ai pu constater durant mes interviews auprès des deux ingénieurs DevOps.

Le contraire est également vrai. Lorsque la charge est réduite, le service d'équilibrage de charge peut identifier la baisse de la demande et utiliser la fonction de dimensionnement automatique pour éliminer les conteneurs en double qui ne seraient plus nécessaires. DevOps s'intègre bien à ces pratiques d'automatisation et d'environnement cloud. C'est pourquoi il est souvent associé aux termes de conteneurisation.

Transformer la culture existante du service informatique en un modèle de type DevOps augmentera la vitesse et la fiabilité m'a confié monsieur T. De cette manière, les équipes testent et déploient de nouvelles fonctionnalités et applications plus rapidement que les autres structures (celles qui ne sont pas dans un modèle DevOps). Cette méthode a incité les développeurs à écrire du code de meilleure qualité dès le début.

DevOps est généralement défini en termes théoriques. Voici les principes directeurs qui ressortent de mon état de l'art, sur lesquels repose cette culture :



Différents groupes DevOps partagent de nombreux points communs, compétences et outils. Toute entreprise qui implémente l'entièreté ou partie de l'exécution raccourcira considérablement le délai de livraison du code et construira un système plus flexible.

Les premières lettres du mot développement ont été assignées au terme DevOps : logiquement parlant, la méthode de développement est la pierre angulaire de l'environnement DevOps.

Par conséquent, pour de nombreuses entreprises souhaitant mettre en œuvre ce mouvement, la première étape est de choisir une méthode de développement agile, afin de devenir plus flexible, adaptable et placer les besoins de ses clients au centre des priorités des projets. Le plus populaire est Scrum ou Kanban qui peut aider les équipes de développement logiciel à définir les objectifs et les priorités, à attribuer des tâches et à déterminer quand des problèmes vont potentiellement survenir dans le cycle de développement.

L'intégration et la livraison continue (ou le déploiement continu) sont un autre pilier de DevOps. L'intégration continue correspond aux tests automatiques et continus des branches de code. Habituellement de nombreuses personnes travaillent sur des tâches distinctes dans le cadre d'un projet. Cependant plus il y a de personnes travaillant sur le même projet, plus le risque d'intégration est grand. En cas de problème le débogage et la résolution du problème peuvent être très difficiles et nécessiter de nombreuses modifications de code. En intégrant ces tests quotidiennement voire même plus fréquemment, les risques peuvent être minimisés.

A la suite de mon entretien avec l'ingénieur d'Ubisoft je peux dire que DevOps permet de réduire les tensions et les conflits entre les membres d'une équipe. Cela favorise la confiance des développeurs, ils n'ont plus peur de « casser » le code. Cela peut également améliorer l'efficacité du travail et l'enthousiasme. Les nouvelles personnes pourront également démarrer le projet plus facilement.

Toujours au cours de son interview monsieur T m'a indiqué, qu'il y a quelques années, les développeurs ne mettaient leurs codes en production qu'à certains moments bien précis et en heure creuses, dans le but de réduire l'impact du déploiement en cas problèmes. Cependant, cet ancien modèle de cycle de déploiement soigneusement conçu va à l'encontre de DevOps. L'objectif, aujourd'hui, est d'automatiser le cycle de déploiement pour livrer l'application toujours plus rapidement.

Le code lui-même est stocké dans un référentiel de code source pour la sauvegarde et le contrôle de version. Ce référentiel contient plus que du code. Les développeurs et les administrateurs système stockent de plus en plus de modèles de configuration détaillés et de scripts créés à l'aide d'outils de gestion de configuration tels que Puppet, Chef ou Ansible (Outil de gestion de configuration automatisé).

L'automatisation de la configuration et du déploiement de l'infrastructure a donné naissance au concept « d'infrastructure sous forme de code ». Par exemple, RALLY SOFTWARE, l'éditeur de logiciel de gestion de projet agile, a passé plus d'un an à utiliser des outils de gestion de configuration pour configurer ses services de base (micro-services et services Web). Cette automatisation offre à l'entreprise une méthode d'installation logicielle rapide et reproductible.

L'infrastructure ne doit pas être basée sur de bons sentiments. Si elle devient indisponible à deux heures du matin et qu'elle doit être reconstruite, l'équipe qui en est responsable se présentera-t-elle tard dans la nuit pour résoudre l'incident ?

De plus, l'infrastructure est intégrée à d'autres processus DevOps (c'est-à-dire les tests et le déploiement) sous forme de code. En règle générale, en utilisant cette approche, les scripts d'automatisation seront testés, déployés et exécutés des dizaines de fois par jour pour fournir des fonctionnalités logicielles. Ce processus est valable pour toute modification (code logiciel ou infrastructure). Un autre avantage de « l'infrastructure sous forme de code » est que le système ne vieillira pas, car le processus de mise à jour devient très simple.

Avec les différentes informations que j'ai pu récolter et analyser je pense que, si elle est appliquée correctement, l'approche DevOps peut créer un environnement informatique dynamique et flexible qui peut grandement répondre à la demande, car l'équipe informatique n'a pas besoin d'entreprendre la plupart des tâches de gestion comme dans les projets traditionnels.

Durant mes interviews j'ai pu constater que cette méthode crée un cercle vertueux. Comme nous l'avons vu précédemment, des mises à jour fréquentes peuvent empêcher de petites erreurs de se produire, de sorte que les équipes informatiques, d'ingénieries et de qualités travailleront dans le même sens, afin d'être plus efficaces. Cela peut également accélérer le processus de prise de décision.

Les résultats de mon état de l'art m'ont permis de mettre en avant de nombreux avantages. La fonction d'automatisation permet d'éviter les erreurs dues à une entrée ou une opération manuelle. Le deuxième avantage est l'adaptabilité, qui permet à l'équipe informatique de s'adapter aux contraintes réglementaires en temps réel, à l'environnement du marché et de

répondre à la transformation numérique. En fournissant des applications plus rapidement, tout en intégrant également des processus d'amélioration continue, la productivité et la qualité s'en verront également considérablement améliorées. Enfin, la valeur ajoutée permet de gagner du temps grâce à l'automatisation et de se concentrer sur la valeur de la solution pour mieux prendre en compte le point de vue du client.

L'approche DevOps a maintenant fait surface et, comme nous l'avons vu elle permet d'accroître fortement la performance des équipes informatique et même de l'entreprise. La plupart du temps, elle sera associée à la technologie des conteneurs. Ses bénéfices ne sont plus remis en question. Cependant, il ne suffit pas d'avoir la volonté de mettre en œuvre DevOps, il faut également être conscient des aspects incontournables qui lui sont associés.

En effet, l'approche DevOps fait peur, car elle s'accompagne d'une grande phase de changements culturels et organisationnels par rapport aux processus existants. De plus, à long terme, cela nécessite des compétences avancées, du temps et des moyens financiers. Mais a contrario, cette dernière va apporter à l'entreprise une productivité et une flexibilité accrues.

4.3 La conteneurisation, présente-t-elle un gain financier pour l'entreprise ?

Pour Bertrand GARE, rédacteur en chef pour le site L'informaticien, les environnements basés sur des conteneurs deviennent le fondement des modèles commerciaux cloud. Leur démocratisation a augmenté très rapidement.

Jusqu'à présent, différents environnements d'infrastructure gravitaient autour de la virtualisation des machines et des serveurs de stockage. Grâce aux données de mon état de l'art et de mon enquête quantitative je peux avancer que l'environnement des conteneurs et Kubernetes est en plein essor, non seulement par les fournisseurs de cloud public, mais également par les entreprises. Une étude récente de Diamanti présente dans mon état de l'art, indique que 50 % des entreprises ont déclaré que leur investissement dans des projets de conteneurs est inférieur à 50 000 dollars, 33 % ont investi au moins 100 000 dollars dans ces projets et 12 % d'entre elles supérieurs à 500 000 dollars.

Les résultats de mon état de l'art permettent de constater que, comparé aux environnements de machines virtuelles, le conteneur est économiquement attractif. Il est presque devenu une nouvelle base pour le calcul des coûts du cloud en optimisant l'utilisation des ressources nécessaires. L'attractivité de son prix est suffisante pour résister à toute concurrence. De plus, la conteneurisation permet aux serveurs d'héberger plus de conteneurs que de machines virtuelles. La différence de taux d'occupation peut être significative. Un serveur donné, hébergera 10 à 100 fois plus d'instances de conteneur que d'instances d'application sur la machine virtuelle.

D'après la société SOFTFULENT (société de développement informatique sur les technologies Microsoft). Il existe également un moyen d'en mesurer le retour sur investissement (ROI). Les entreprises doivent désormais prouver que chaque euro investi est efficient. Pour DevOps, le retour sur investissement peut être mesuré en optimisant le temps passé sur les opérations

automatisées, en investissant cette fois dans des tâches à plus forte valeur ajoutée ou dans les processus liés à l'amélioration et l'expérience client.

Les avantages de l'approche DevOps sont évidents. Ils doivent également être mesurables. Les indicateurs de performance (KPI) adaptés à la méthode DevOps peuvent être divisés en 4 séries :

- Indicateurs de satisfaction client / utilisateur,
- Indicateurs de productivité,
- Indicateurs de qualité,
- Indicateurs de satisfaction collaborateur.

Sur la base de mon état de l'art, je peux avancer que ce type de performance est susceptible d'augmenter les revenus financiers de l'entreprise. Parce que des clients et employé satisfaits, une meilleure productivité et qualité auront inévitablement un impact positif sur les ventes de l'entreprise.

De plus, la réduction du cycle de mise en production ne doit pas se faire au détriment de la qualité du code produit. Dès le début de la phase de développement, il faut donc réfléchir aux problèmes de qualité et anticiper les risques. Le coût de la correction des erreurs de production est plus de 150 fois supérieur au coût de leur correction en début du cycle de développement.

De manière générale, les DSI paraissent sensibles à cette nouvelle approche. Les analystes de 451 RESEARCH (une société de recherche dans le secteur des technologies) semblent en effet avoir confirmé cette adoption. La société prévoit que le marché des conteneurs d'applications connaîtra une croissance substantielle, passant de 762 millions de dollars en 2016 pour atteindre 2,7 milliards de dollars d'ici fin 2020.

L'avantage est d'abord financier : la technologie des conteneurs réduit les coûts de déploiement (que ce soit pour les applications ou les micro-services) et réduit la complexité du déploiement comme me l'a indiqué le sous-directeur des infrastructures de l'université de Lorraine, lorsque nous avons échangé. Afin d'apporter de nouvelles fonctionnalités, il suffit de quelques secondes pour modifier ou compléter le conteneur.

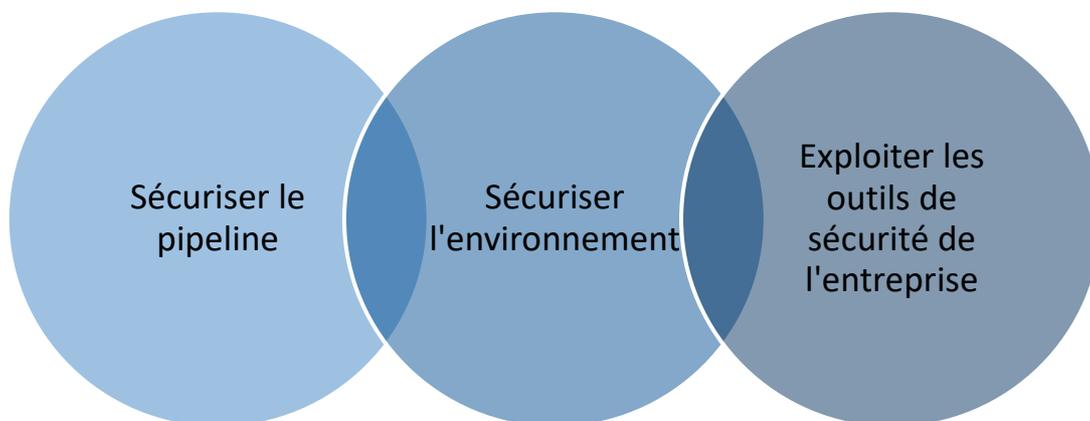
Je peux assurer que la conteneurisation augmentera indubitablement la productivité et augmentera ainsi les rendements financiers, pour les entreprises vendant des prestations, services ou produits. Cependant, les bénéfices financiers apportés par la technologie sont « indirects » m'a confié monsieur S durant notre entretien. En effet, ils ne sont pas directement liés à l'informatique. Cette technologie rendra le ou les services plus fiables. Elle a l'avantage de fournir des services ou des applications plus rapidement. L'intégration de méthodes de conteneurisation ou de DevOps dans l'entreprise n'apporte pas d'avantages immédiats. Il y aura des investissements en matière de formation sur les nouveaux outils, peut-être de nouveaux équipements à acheter et de nouvelles licences...

4.4 La conteneurisation, est-elle une technologie sécurisée ?

Comme nous l'avons vu précédemment, les conteneurs ont du succès, mais sont-ils sûrs ?

Selon RedHat, la sécurité des conteneurs est un sujet complexe et les besoins sont multiples. Il est nécessaire de protéger le pipeline (exécution d'instructions en plusieurs étapes, construction/test/déploiement), les applications de conteneur, l'environnement et l'infrastructure de déploiement. Il faut dans un même temps, envisager l'intégration avec les outils et politiques de sécurité spécifiques à chaque entreprise. Par conséquent faire un plan est primordial.

La sécurité des conteneurs implique la protection de leur intégrité, des applications qu'ils contiennent et de l'infrastructure dont ils dépendent. Pour assurer la sécurité continue des conteneurs, il est généralement nécessaire de :

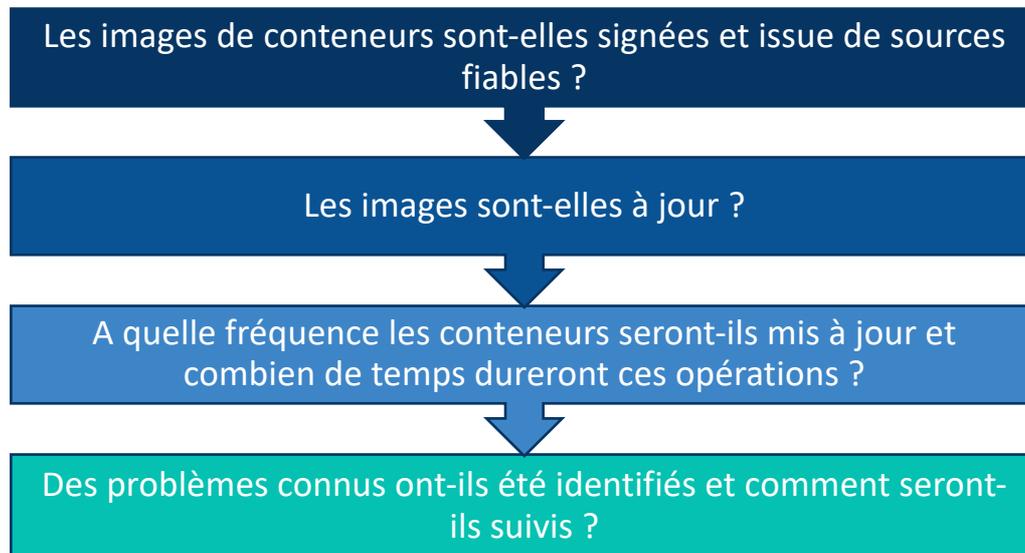


Les conteneurs sont largement utilisés, car comme nous l'avons vu précédemment, ils facilitent la création, le package et la mise à niveau d'applications, de services et de toutes leurs dépendances. Cependant la sécurité du conteneur peut être difficile à assurer. Les politiques de sécurité ne s'appliquent pas toujours aux conteneurs comme a pu me confier monsieur H durant l'interview.

Parmi les données récoltées au cours de mon état de l'art et d'après les informations de Monsieur H, en protégeant le pipeline de conteneurs et en sécurisant l'infrastructure, le conteneur devient un composant fiable, évolutif et sûr au sein du système d'information. Ceci a été confirmé par les résultats de mon questionnaire.

Selon l'administrateur réseau et sécurité, le conteneur se compose d'une couche de fichiers et la communauté d'utilisateurs y fait référence en tant qu' « image de conteneur ». L'image de base est la plus importante en termes de sérénité, car elle est le point de départ de la création d'une image dérivée ou personnalisée. Par conséquent, la sécurité du conteneur repose également sur la fiabilité de l'image de base. Cependant, même avec une image officielle et vérifiée, l'ajout d'applications et la modification des configurations introduiront de nouvelles variables. Lors de l'ajout de contenu externe pour créer une application, les principes de la gestion de contenu doivent être gardés à l'esprit afin que les situations difficiles puissent être anticipées pour garantir une sécurité optimale.

RedHat préconise, avant de collecter des images de conteneurs, de se poser les questions suivantes :

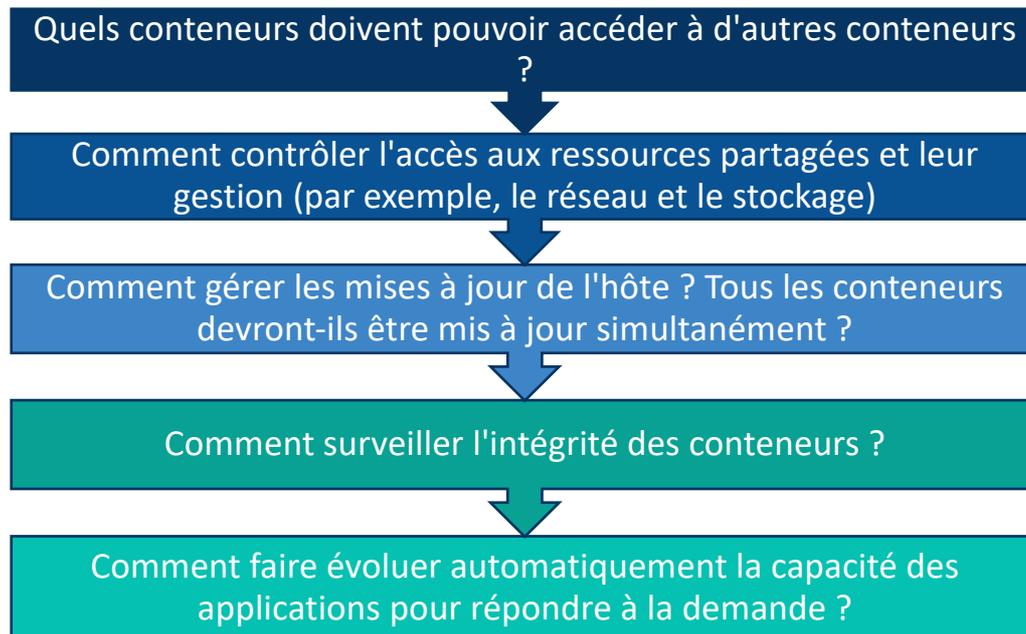


Une fois la collecte terminée, l'étape suivante consiste à gérer l'accès à ces images et à les partager avec les équipes qui les utilisent. Cela implique la protection des images téléchargées et des images créées. L'utilisation d'un registre dédié permet un contrôle d'accès basé sur les rôles et facilite la gestion.

La dernière étape du pipeline est le déploiement. Une fois la version d'une image créée, elle doit être gérée. Pour cette raison, il est nécessaire de comprendre comment automatiser la stratégie afin qu'elle puisse signaler les versions présentant des problèmes de sécurité. Étant donné que le correctif n'est pas aussi efficace que la reconstruction du conteneur, l'intégration des tests de sécurité doit inclure la mise en place de stratégies pour déclencher des reconstructions automatiques. La première étape de ce processus consiste à exécuter des outils d'analyse des composants pour signaler et suivre les problèmes. La deuxième étape consiste à placer des outils prenant en charge le déploiement automatique, basé sur des stratégies.

Le système d'exploitation hôte fournit une autre couche de sécurité pour le conteneur en isolant celui-ci. Cette dernière joue un rôle essentiel dans la protection de l'environnement dans lequel le conteneur est déployé.

Afin de protéger efficacement l'infrastructure des conteneurs, RedHat conseil, de se poser les questions suivantes :



Neil MACDONALD, analyste Gartner depuis plus de vingt ans, a rappelé que les conteneurs sont basés sur un modèle de système d'exploitation partagé. Par conséquent, « une attaque contre une vulnérabilité du système d'exploitation hôte peut endommager tous les conteneurs ». Il est également important de s'assurer que le système d'exploitation et son noyau disposent des derniers correctifs et de les protéger localement.

Toutefois, les mesures de sécurité traditionnelles déployées localement sur l'hôte ne sont pas forcément suffisantes : elles « ne comprennent pas le conteneur ». De plus, si la configuration du réseau n'est pas spécialement adaptée, le système de prévention et de détection d'intrusion (IPS / IDS) peut ne pas voir l'échange entre conteneurs sur le même hôte.

MACDONALD recommande d'exécuter des conteneurs non privilégiés sous Linux afin que l'accès root ne soit pas possible en dehors du conteneur.

L'analyste préconise également d'inspecter le conteneur pendant le processus de développement pour identifier d'éventuels « problèmes de configuration et de vulnérabilité » avant de le transférer vers l'environnement de production et de surveiller les processus en cours d'exécution dans le conteneur.

D'après toutes mes sources de données, j'en conclus que la conteneurisation n'est pas encore une technologie aussi sécurisée que la virtualisation. Ces outils mûrissent progressivement. Autrement dit, la conteneurisation et les supports dont elle dépend commencent à devenir progressivement fiables. Nous n'observons plus fréquemment des vulnérabilités qui permettaient d'entrer dans un conteneur pour accéder frauduleusement aux ressources de la machine hôte. Aujourd'hui, ce n'est plus possible, car le code utilisé est efficace et l'équipe d'exploitation est bien formée pour limiter les possibilités d'intrusion.

4.5 Conteneurisation et virtualisation : Où se situe le point de bascule ?

La technologie la plus plébiscitée sur le marché du Cloud est la virtualisation. Elle répond à des besoins d'hébergement d'applications métiers, web et mobile, tout comme la conteneurisation. Cependant, auprès des DSI l'utilisation de ces solutions s'avère être partagée.

Même si des objectifs technologiques différents puissent être à l'origine de l'utilisation de l'une de ces technologies, l'un des avantages communs de ces deux solutions est d'optimiser les investissements matériels et logiciels.

Les entreprises utilisant ces solutions affirment que leur emploi reste malgré cela partagé d'un point de vue économique et stratégique. Avec la montée en puissance de la conteneurisation grâce à Docker notamment, beaucoup de facteurs laissent paraître que cette technologie était en passe de remplacer la virtualisation. Cependant ce problème n'est pas si évident.

Que ce soit les conteneurs ou bien les machines virtuelles, ils offrent la possibilité de séparer une charge de travail du matériel sous-jacent. Il y a tout de même des différences significatives dont il faut prendre connaissance.

Grâce à l'hyperviseur, la virtualisation peut simuler une ou plusieurs machines physiques et les exécuter en tant que machines virtuelles sur le serveur. Les applications sont exécutées sur chacune d'entre elles, disposant d'un système d'exploitation.

Les technologies de virtualisation comme VMWare, KVM ou encore Xen présentent un avantage certain pour les entreprises : un écosystème. Ils vont permettre la configuration, le déploiement et l'administration d'une flotte de machine virtuelle au travers d'un ensemble d'outils prévu à ces effets.

Concernant les technologies de conteneurisation, le conteneur appelle directement le système d'exploitation de son hôte physique pour exécuter ses applications. Il partage le noyau à partir duquel l'hôte est déployé. Par conséquent, il n'est pas essentiel d'utiliser un hyperviseur pour leur gestion. Les applications s'exécuteront au travers des conteneurs déployés.

La solution offre une rapidité de déploiement et de mise en service non négligeable lors de la création des conteneurs et de l'installation des applications qui sont destinées à y être hébergées. Un des principes fondamentaux de la conteneurisation est l'architecture en micro-services, cela signifie que chaque application est conteneurisée. De ce fait, la migration d'un conteneur d'une machine physique à une autre devient une tâche moins aliénante compte tenu de son faible poids. Cela est valable également pour les environnements cloud si ces derniers sont adaptés à l'utilisation de conteneurs. Par conséquent, il est théoriquement plus facile de répliquer des applications sur deux environnements cloud distincts et d'équilibrer les charges de travail ou d'envisager des plans de reprise après sinistre et de continuité d'activité en s'appuyant sur la répartition entre deux clouds.

En raison de leur nature immuable et éphémère, les conteneurs ne sont pas adaptés pour les applications dites « avec état » (dynamique, changement dans le temps, sauvegardes régulières, typiquement les bases de données). Toutefois conteneuriser ce type d'application est possible mais, nécessite un travail et des considérations supplémentaires. Pour conteneuriser ces dernières, il faut veiller à conserver leur état en dehors du conteneur. Il faut prendre conscience que si les données sont corrompues, l'environnement l'est également.

A contrario pour les applications « sans état » (statiques, ne change pas ou change rarement, sauvegardes occasionnelles) la conteneurisation va pouvoir mettre à profit tous ses avantages. Il va être possible d'avoir une application qui peut être démarrée, arrêtée, supprimée, refaite, distribuée et exécutée à nouveau, le tout avec une différence minimale pour les utilisateurs.

Limiter l'utilisation des conteneurs à des fonctions qui ne nécessitent pas d'état rendrait finalement impossible la conteneurisation d'applications entières. L'utilisation de conteneurs pour une partie seulement de l'application ne permettrait pas aux entreprises d'obtenir l'agilité, la portabilité et l'élasticité qu'offrent les applications réellement conteneurisées, et augmente également la complexité de l'application entière. Le fait de connecter les conteneurs à un système de stockage élargit les possibilités de conteneurisation des applications.

Une analogie qui est souvent utilisée dans le monde des infrastructures et du DevOps fait référence aux applications et aux serveurs comme étant des animaux de compagnie (application avec état) ou du bétail (applications sans état). L'idée derrière cette analogie est que l'on porte une préférence et soins particuliers aux animaux de compagnie, le bétail étant considéré comme plus « jetable ». Si une application ou un serveur « animal de compagnie » devient malade, on le soigne pour qu'il redevienne en bon état. Une application ou serveur « bétail », en revanche, est détruit et réinitialisé au lieu de passer du temps à essayer de le soigner.

Il est important de noter que les conteneurs sous Windows ne sont pas comme Linux. Actuellement, ils ne sont pas aussi optimisés, ils sont de grande taille (plusieurs giga bytes) et ne sont pas aussi portable que les conteneurs Linux. Si l'on souhaite lancer un conteneur windows server 2016 il faut que la machine hôte soit sous la même version.

Par conséquent, la virtualisation répondra principalement aux exigences d'infrastructure, tandis que la conteneurisation répondra aux exigences d'hébergement d'applications.

D'après une étude comparative sur les performances entre Docker (conteneurisation) et KVM (virtualisation) menée par IBM en 2014, Docker serait plus performant que la virtualisation. La vélocité des conteneurs est quasiment égale à celles des serveurs bare-métal. Docker offre l'avantage de réduire la consommation de RAM de 4 à 30 fois. Ce gain de performance s'explique avec l'élimination de la couche de virtualisation, consommatrice en ressources.

Cependant la virtualisation n'est pas en voie de disparition et ce pour plusieurs raisons. Depuis longtemps la virtualisation des serveurs physiques a été intégrée au SI de nombreuses

entreprises. Le passage à un environnement entièrement conteneurisé nécessitera une refonte complète de l'architecture de virtualisation. Cette opération n'est pas facilement réalisable et peut s'avérer coûteuse pour l'entreprise. L'hyperviseur peut diviser efficacement différents systèmes d'exploitation sur le serveur et le processus de conteneurisation exigera que chaque serveur ait le même système d'exploitation. Pour les entreprises qui utilisent la gestion du réseau, de l'authentification, des postes de travail, les documents partagés et même les services téléphoniques, la virtualisation reste solide et les administrateurs ont les compétences techniques pour maintenir les infrastructures de ce type. Par conséquent, il peut être difficile de reconsidérer l'architecture informatique dans la version conteneurisée.

Selon Jay LYMAN qui est un analyste du cabinet 451 RESEARCH, les points critiques dans la conteneurisation d'application sont, la persistance des données et la sécurité due au partage du noyau entre le système hôte et celui des conteneurs. Ces aspects sont en faveur des machines virtuelles. La raison principale est liée à la sécurité des deux technologies, entre l'entreprise qui choisit les conteneurs et celles qui choisissent les machines virtuelles. Cela s'explique par la fragilité des compétences techniques non ou peu acquises par les administrateurs pour sécuriser correctement l'isolation des conteneurs.

Nonobstant, les entreprises se rendent également compte qu'en plus de la portabilité, la conteneurisation apporte également vitesse et flexibilité, ce qui bouleverse naturellement la certitude établie pour la virtualisation.

« Le provisionnement d'un serveur physique nécessite plusieurs jours, celui d'une machine virtuelle 10 minutes et celui d'un conteneur 10 secondes. Le futur est la livraison des services sur conteneurs qui offrent un véritable gain de temps pour sa mise en application mais aussi en termes d'image pour l'entreprise. »

Christian Ligier, Responsable des ventes EMEA chez RedHat

D'après l'article « *Focus sur l'orchestrateur Kubernetes et les conteneurs Docker* » produit par le mondeinformatique, on peut noter des besoins en termes :

- D'évolutivité et d'élasticité : si vous ne savez pas combien d'instances vous devez exécuter pour répondre à vos besoins, vous pouvez rapidement mettre à l'échelle des applications ou des services conteneurisés.
- D'isolation : Dans le cas où vous ne voulez pas qu'une application interfère avec les autres applications. Ou peut-être voulez-vous garder le système sous-jacent propre ce qui est une bonne pratique.
- De portabilité : Une application doit s'exécuter dans plusieurs environnements et la configuration doit être reproductible. Les conteneurs permettent d'empaqueter l'ensemble de l'environnement d'exécution de l'application, ce qui facilite le déploiement dans des environnements avec des hôtes compatibles Docker, des bureaux de développement, des machines de test, des clouds, etc.

Les applications conteneurisées simples qui desservent un petit nombre d'utilisateurs ne nécessitent généralement pas d'orchestration. Cependant si l'application a plusieurs fonctions et plusieurs utilisateurs, elle devient plus complexe et il est difficile de ne pas utiliser d'outils

d'orchestration. Voici quelques-unes des normes d'utilisation de Kubernetes fournies par l'article Lemondeinformatique :

- La gestion de la complexité : Toute application impliquant plus de deux conteneurs répondra à cette demande. Cependant des solutions plus simples (telles que Docker Swarm) peuvent être utilisées pour orchestrer certaines applications modérées pour un petit nombre d'utilisateurs
- L'évolutivité et la résilience des applications : Kubernetes et d'autres coordinateurs autorisent de manière déclarative l'équilibrage de charge et l'exécution de conteneurs en décrivant l'état souhaité du système plutôt qu'en codant manuellement les changements de dépendance.
- L'adoption des techniques modernes de CI/CD : Le système d'orchestration prend en charge les modèles de déploiement d'applications, y compris les mises à niveau continues

Peut-être qu'un jour, Docker et Kubernetes seront remplacés par d'autres solutions de création et de gestion de conteneurs. Mais aujourd'hui, ce sont eux qui sont mis en avant et ils doivent être maîtrisés et compris.

Selon le site linformaticien il existe de nombreuses possibilités pour que les conteneurs et les machines virtuelles coexistent. La première solution explorée est de placer le conteneur dans une machine virtuelle pour continuer à bénéficier des outils de gestion et de sécurité de l'environnement virtualisé. Sans surprise, VMware a été (et est toujours) un fervent partisan de cette approche. Il permet aux entreprises de tirer parti de certains aspects des conteneurs tout en garantissant les avantages des machines virtuelles. Bien que cela puisse sembler contre-productif pour les promoteurs de conteneurs, cette approche est généralement une réalité aujourd'hui pour les entreprises, c'est l'approche la plus utilisée aujourd'hui comme j'ai pu le constater dans les réponses à mon enquête quantitative.

Pour conclure, ce sont deux technologies qui ne vont pas l'une contre l'autre, elles vont se compléter, et ce, pendant un certain temps. La première est matérielle et la seconde est logicielle. Au sein d'un SI elles sont complémentaires.

La virtualisation va permettre de répondre aux besoins liés à l'infrastructure tandis que la conteneurisation va être destinée à l'hébergement d'applications. C'est pourquoi on ne peut pas parler de point de bascule, mais de complémentarité. Les conteneurs montent en puissance et mettent en avant leurs qualités vues précédemment (résilience, évolutivité, rapidité...). Ils ne sont cependant pas le Graal des systèmes d'informations. Il subsiste des interrogations quant à la sécurité et la persistance des données. Actuellement, la société a adopté une politique relativement conservatrice sur ce point et continue de placer des applications clés dans des machines virtuelles, un environnement qu'ils connaissent bien et dont la sécurité est bien établie.

Le manque de ressources adéquates dans les environnements de conteneurs et Kubernetes est également important, ce qui ralentit le déploiement plus large de ces environnements. La technologie est encore très jeune et nécessite encore quelques améliorations pour devenir véritablement le choix par défaut des entreprises. Par conséquent, nous pouvons parier sur la vision hybride de placer côte à côte des machines virtuelles et des conteneurs pendant des périodes plus ou moins longues.

« Cette réalité est là pour encore quelques temps... »

Jusqu'à la pleine maturité des environnements de conteneurs »

L'informaticien – Le conteneur comme nouvelle base du modèle économique

5. TRANSPOSITION

Dans cette partie, je vais illustrer la transposition de mes travaux et recherches dans un autre contexte et environnement. Celui de MERSEN, mon entreprise d'accueil dans laquelle j'ai eu la chance d'y effectuer mon alternance cette année.

J'ai été force de proposition pour mettre en place une infrastructure de conteneurs pour nos applicatifs web. C'est un projet que j'ai mené à bien.

Je vais transposer mes hypothèses ainsi que ma problématique à ce contexte.

5.1 La conteneurisation, accélère-t-elle le développement des applications et le déploiement de micros- services ?

Pour le service informatique de Mersén Pagny-sur-Moselle, l'utilisation des conteneurs a grandement accéléré le déploiement de micros-services. Cela s'explique par l'utilisation d'un serveur web contenant l'ensemble des applicatifs web. Ces derniers étaient cloisonnés à l'aide des VHOST (Virtual Host). Cette technique implique de la configuration apache supplémentaire à chaque nouveau déploiement d'application. De plus les procédures de mise en place étaient plus contraignantes. Il fallait être certain de bénéficier de tous les prérequis et dépendances associées (PHP, Apache, MySQL...) et configurer ces derniers pour qu'ils soient fonctionnels avec l'applicatif. Ensuite, il nous fallait télécharger l'application et bien souvent la dé-zipper. Bref, des manipulations assez répétitives et souvent sujettes à l'erreur humaine pour la mise en place.

A présent, avec l'utilisation des conteneurs, la procédure de déploiement a bien changé. Il suffit de télécharger l'image (au sens docker) puis de la déployer (à l'aide d'une commande `docker run` ou bien avec un `docker-compose`). Puis nous avons notre application fonctionnelle, prête à être testée et utilisée.

La mise en production ne sera pas beaucoup plus fastidieuse. Il faudra appliquer quelques changements au fichier `docker-compose`, mais ce sont des changements mineurs, tels que l'adressage ip et les nom DNS.

Pour les développements d'applications en PHP et Javascript, le passage à la conteneurisation a permis un versionnage beaucoup plus facile et de bénéficier d'un suivi notamment au travers de numéros de version sur les images docker. Il est possible très facilement et rapidement, d'avoir l'intranet de MERSEN Pagny-sur-Moselle en production et créer un conteneur pour effectuer de nouveaux développements (dans un environnement de test). Puis une fois ces derniers validés, il suffit de passer le conteneur dans l'environnement de production à la place de l'ancien. C'est très rapide, et surtout cela évite de modifier directement la version en production. Et il est également possible de revenir à l'état initial avec un minimum d'intervention.

Le tableau ci-dessous recense les temps de déploiements et de mise à jour des applications web, avant et après la conteneurisation des applicatifs web de MERSEN Pagny-sur-Moselle. Il démontre effectivement une accélération dans les processus cités précédemment.

Tâches	Avant	Après
Déploiement d'une nouvelle application	15 minutes	7 minutes
Mise à jour d'une application	10 minutes	3 minutes

Dans le cas de MERSEN, la conteneurisation accélère le passage des applications d'un environnement de développement à celui de la production et permet des déploiements de micro-services plus rapide.

5.2 Est-ce que la conteneurisation permet aux équipes IT d'être plus performantes ?

Pour être en mesure de répondre à cette hypothèse concernant MERSEN, il va falloir laisser plus de maturité à la solution. Il n'y a pas le recul nécessaire pour juger d'un gain de performance significatif. Les collaborateurs n'ont pas assez utilisé la solution pour être suffisamment à l'aise avec cette dernière.

Avec du temps et de l'investissement personnel, je suis certain que la performance des équipes va s'accroître. Elle va se traduire par ce qui a été dit précédemment sur les déploiements et développement d'applications.

5.3 La conteneurisation, présente-t-elle un gain financier pour l'entreprise ?

Comme je l'ai expliqué dans la thèse, le gain financier n'est pas perceptible immédiatement. Cependant, la mise en place d'un tel projet a permis de réduire l'utilisation d'une machine virtuelle. Les conteneurs étant plus légers, il a été possible d'avoir l'ensemble des applicatifs conteneurisés sur une seule et même machine. Alors qu'avec l'ancienne méthode, deux serveurs web étaient en fonctionnement ce qui rendait moins faciles les opérations de maintenance, car deux machines à gérer c'est deux fois plus de temps pour s'occuper des mises à jour et les sécuriser. Le temps homme est plus conséquent et donc plus onéreux.

Le gain financier va se voir sur le temps de maintenance, les conteneurs sont beaucoup plus faciles et rapides que ce soit dans leur déploiement ou dans leur gestion (lancer un conteneur, arrêter un conteneur, mettre à jour une application...) toutes ces tâches ne prennent que quelques secondes. Il est même possible d'aller encore plus loin en automatisant tous ces processus. En cela, les temps homme sur l'infrastructure web se verront fortement diminués. Ce qui laissera la possibilité d'avancer, de mettre en place d'autres projets à plus forte valeur ajoutée pour MERSEN.

Au vu de la jeunesse de la solution, le gain financier, n'est pas encore perceptible.

5.4 La conteneurisation, est-elle une technologie sécurisée ?

L'implémentation de la conteneurisation au sein du Système d'information de MERSEN a permis d'accroître fortement sa sécurité.

Avant ce projet, les applicatifs web étaient hébergés sur une version de Linux qui n'est plus maintenue depuis le 30 avril 2020. Ce qui veut dire qu'il n'y aura plus de correctifs pour les failles de sécurité. Il en va de même avec la version de PHP, qui plus est, commune à toutes les applications.

La version de Linux à était mise à jour à l'occasion du projet de conteneurisation. A présent chaque application est cloisonnée dans son propre réseau docker communiquant avec sa base de données associée. Cet isolement confère un niveau accru de sécurité, car les conteneurs ne sont pas visibles ni accessibles directement via le réseau d'entreprise. Il est désormais possible de mettre à jour indépendamment chaque application ce qui facilite fortement le processus, nous ne sommes plus nécessairement obligés de porter une attention aux autres comme c'était le cas auparavant. De ce fait, les patches de sécurité pourront être déployés rapidement. Il est tout autant possible de les tester dans les mêmes conditions qu'en production, dans le cas où nous voulons assurer la continuité de service et s'assurer de la compatibilité de la dernière mise à jour au sein du système d'information.

La mise en place de la conteneurisation a fortement sécurisé le SI de MERSEN Pagny-sur-Moselle et plus spécifiquement son infrastructure web.

5.5 Conteneurisation et virtualisation : Où se situe le point de bascule ?

Comme énoncé dans cette thèse, les deux technologies ne sont pas en concurrence il n'est pas question pour les entreprises de choisir entre l'une et l'autre. Mais l'association de ces deux dernières a permis à MERSEN Pagny-sur-Moselle d'être plus performant quant à la gestion de ses applications web.

La conteneurisation ne sera pas adaptée pour tout le SI. La gestion de l'Active-Directory du site de MERSEN Pagny-Sur-Moselle, ou le serveur WSUS (serveur de mise à jour) est très complexe à conteneuriser. C'est pour ça que l'association des deux confère une meilleure gestion. En partant de ce principe, pour le SI de MERSEN Pagny-sur-Moselle, la virtualisation permet en effet de répondre à ses besoins d'infrastructure (Gestion des utilisateurs, DHCP, DNS...) et la conteneurisation aux besoins d'hébergements d'applications (Intranet, application métier...)

6. CONCLUSION

Pour conclure, j'ai traité la réalisation de cette thèse en « mode projet ». Cette méthodologie nécessite un pilotage fin, comprenant la définition de mes objectifs, de mes tâches et des délais pour atteindre ces derniers.

Afin de planifier et de suivre au mieux l'avancement du projet, j'ai défini tous ces éléments au préalable à l'aide d'un outil de gestion de projet : GanttProject. Cet outil a fait ses preuves sur de nombreux projets, tous domaines confondus, depuis sa création.

J'ai beaucoup apprécié son côté visuel qui facilite à la fois la compréhension et la communication. C'est un de ses avantages principal. Il m'a permis de visualiser rapidement l'ensemble des tâches du projet ainsi que leur niveau d'avancement. L'utilisation d'un code couleurs m'a été bénéfique pour la délimitation des grandes parties.

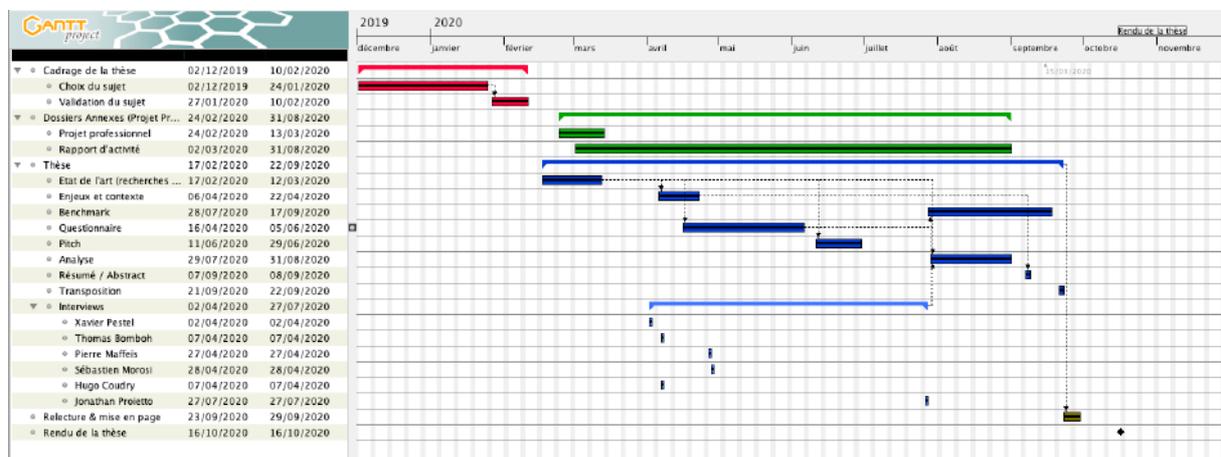


Figure 5 : Les tâches et leur avancement pour la réalisation du projet

Avec le diagramme de Gantt, j'étais en mesure de savoir rapidement si j'étais en retard, en avance ou dans les temps. Je pouvais ainsi, soit continuer sur ma lancée, soit prendre les mesures qui s'imposaient.

Certaines tâches étant interdépendantes, cela m'a permis d'être prêt pour démarrer une action au bon moment.

En gestion de projet, le planning est la colonne vertébrale. Il m'a donné l'occasion de structurer les différentes tâches à accomplir et d'estimer leur temps de réalisation.



Tâche	Date de début	Date de fin
▼ Cadrage de la thèse	02/12/2019	10/02/2020
○ Choix du sujet	02/12/2019	24/01/2020
○ Validation du sujet	27/01/2020	10/02/2020
▼ Dossiers Annexes (Projet Pro & Rapport d'acti...	24/02/2020	31/08/2020
○ Projet professionnel	24/02/2020	13/03/2020
○ Rapport d'activité	02/03/2020	31/08/2020
▼ Thèse	17/02/2020	22/09/2020
○ Etat de l'art (recherches & rédaction)	17/02/2020	12/03/2020
○ Enjeux et contexte	06/04/2020	22/04/2020
○ Benchmark	28/07/2020	17/09/2020
○ Questionnaire	16/04/2020	05/06/2020
○ Pitch	11/06/2020	29/06/2020
○ Analyse	29/07/2020	31/08/2020
○ Résumé / Abstract	07/09/2020	08/09/2020
○ Transposition	21/09/2020	22/09/2020
▼ Interviews	02/04/2020	27/07/2020
○ Xavier Pestel	02/04/2020	02/04/2020
○ Thomas Bomboh	07/04/2020	07/04/2020
○ Pierre Maffeïs	27/04/2020	27/04/2020
○ Sébastien Morosi	28/04/2020	28/04/2020
○ Hugo Coudry	07/04/2020	07/04/2020
○ Jonathan Proietto	27/07/2020	27/07/2020
○ Relecture & mise en page	23/09/2020	29/09/2020
○ Rendu de la thèse	16/10/2020	16/10/2020

Figure 6 : Liste des tâches et de leur date de début et de fin

Pour m'assurer de la réussite du projet, j'ai fait en sorte de rendre le planning le plus réaliste possible. Ainsi cela m'a été bénéfique pour le respect des délais.

Cet outil de planification m'a permis de visualiser rapidement les informations clés du projet :

- L'ensemble des tâches à effectuer,
- La date de début et de fin de chaque tâche,
- La durée envisagée pour chaque tâche,
- L'interdépendance de certaines tâches
- La date de début et de fin du projet

Avec tous ces éléments, j'ai pu me rendre compte de la faisabilité de mon planning, et de le réajuster, notamment en priorisant les différentes tâches.

Cet outil m'a permis de m'organiser, de savoir par quoi commencer, dans quel ordre effectuer les tâches du projet...

J'ai également pris le soin de le mettre constamment à jour. Un planning n'est jamais figé dans le temps. Il évolue sans cesse en fonction des imprévus et des aléas qui peuvent survenir en cours de projet. Notamment pour la réalisation des interviews, j'ai dû m'adapter à la suite de la crise sanitaire...

Cette thèse m'a permis de répondre aux questionnements que j'avais en ce qui concerne l'usage de la conteneurisation et de la virtualisation. J'ai pris un immense plaisir à me documenter pour la réalisation de ce travail. Ce gain de connaissances va m'être très bénéfique pour la suite de mon parcours professionnel.

7. GLOSSAIRE

Active Directory :

Active Directory est une implémentation du service d'annuaire LDAP de Microsoft pour le système d'exploitation Windows.

Analyse de Gartner :

Société américaine de conseil et de recherche dans le domaine des technologies de pointe. Il mène des recherches, fournit des services de consultation, tient à jour diverses statistiques et maintien des services de nouvelles spécialisés.

Cloud :

Accès aux services informatiques (serveur, stockage, réseau, logiciels) via Internet par le biais d'un fournisseur.

Cluster :

Un cluster de serveurs sur le réseau, aussi appelé batterie de serveurs.

Conteneurisation :

Une méthode qui permet de virtualiser les ressources matérielles (système de fichiers, réseau, processeur, RAM, etc.) dans un conteneur.

CPU :

Un processeur (ou unité centrale de traitement, CPU) est un composant qui exécute des instructions machine de programmes informatiques dans de nombreux appareils électroniques. Avec la mémoire, c'est évidemment l'une des fonctionnalités qui existe depuis le premier ordinateur. Le processeur intégré dans un seul circuit intégré est un microprocesseur.

Devops :

C'est un mouvement d'ingénierie informatique et de pratique technique visant à unifier le développement logiciel et la gestion de l'infrastructure informatique, y compris la gestion des systèmes.

DNS :

Domain Name System, généralement abrégé DNS, qu'on peut traduire en « système de noms de domaine », est le service informatique distribué utilisé pour traduire les noms de domaine Internet en adresse IP ou autres enregistrements.

Docker :

Docker est un logiciel gratuit utilisé pour lancer des applications dans des conteneurs logiciels. Selon la société de recherche industrielle 451 Research, « Docker est un outil qui peut emballer une application et ses dépendances dans un conteneur isolé qui peut s'exécuter sur n'importe quel serveur. »

DSI :

La direction du système d'information est la direction en charge du système d'information de l'entreprise. Elle est responsable de la définition de l'architecture du SI, de la conception, de l'installation et du déploiement et de l'exploitation du SI.

Failover :

Le basculement est la capacité d'un périphérique à basculer automatiquement vers un réseau ou un système de sauvegarde. Cette fonction est applicable à tous les types d'équipements réseau : des serveurs aux routeurs, en passant par les pare-feu et les commutateurs réseau. Le basculement se produit généralement sans intervention humaine et souvent sans aucun message d'avertissement. Le basculement est conçu pour être complètement transparent.

Hébergement :

Dans le monde de l'informatique et d'Internet, l'hébergement signifie fournir aux créateurs de sites Web un espace de stockage sur un serveur de stockage sécurisé afin que les informations relatives aux sites Web connexes soient accessibles sur le Web. En d'autres termes, il s'agit d'un service qui permet de placer les différents fichiers et contenus composant un site Web sur un serveur connecté à Internet.

Hyperviseurs :

Il s'agit d'une plate-forme de virtualisation qui permet à plusieurs systèmes d'exploitation de fonctionner sur le même ordinateur physique en même temps.

KPI :

Les indicateurs de performance clés sont des indicateurs utilisés pour l'aide à la décision dans une organisation. Ils sont particulièrement utilisés dans la gestion de la performance organisationnelle.

Kubernetes :

Est un système open source conçu pour fournir une «plate-forme pour déployer, étendre et implémenter automatiquement des conteneurs d'applications sur des clusters de serveurs».

Linux :

Est un système d'exploitation

Machine virtuelle :

Est l'illusion d'un appareil informatique créé par un logiciel de simulation ou instancié sur un hyperviseur

Micro-service :

Il s'agit d'une technique de développement logiciel. Il s'agit d'une variante du style architectural d'une architecture orientée services qui construit une application comme un ensemble de services faiblement couplés

OCI (Open Container Initiative):

Le projet Open Container est un projet de la Linux Foundation qui vise à concevoir des normes ouvertes pour la virtualisation au niveau du système d'exploitation, en particulier les conteneurs Linux.

Provisionnement :

Est un terme utilisé dans le domaine informatique pour allouer automatiquement des ressources.

RAM :

Parfois abrégée en RAM (mémoire vive), est un type de mémoire d'ordinateur qui peut stocker des informations traitées par un équipement informatique.

Rollbacks :

Commande pour annuler les transactions en cours et restaurer la base de données à son état précédent

Root :

Sur les systèmes d'exploitation de type Unix, le terme root est le nom conventionnel d'un utilisateur qui a tous les droits sur le système en mode unique et en mode multi-utilisateur.

Serveur :

C'est un appareil informatique qui fournit des services à un ou plusieurs clients. Les services les plus courants sont : l'accès aux informations du World Wide Web; le partage de matériel de messagerie électronique; le commerce électronique; le stockage de bases de données ...

Snapshot :

En informatique, un instantané est une sauvegarde de l'état du système à un moment donné. Ce concept est particulièrement utilisé pour les systèmes de fichiers, les bases de données ou les machines virtuelles.

Système d'exploitation :

En informatique, un système d'exploitation (généralement appelé système d'exploitation OS-Anglais) est un ensemble de programmes qui guident l'utilisation des ressources informatiques par un logiciel d'application.

Time to market :

Désigne le temps qu'il faut entre l'idée de produit et le lancement du produit.

VHOST :

Virtualhosts ou hôtes virtuels permettent d'héberger plusieurs sites internet (nom de domaine) sur un même serveur dédié

Virtualisation :

La virtualisation consiste, en informatique, à exécuter sur une machine hôte, dans un environnement isolé, des systèmes d'exploitation, on parle alors de virtualisation système, ou des applications, on parle alors de virtualisation applicative.

WSUS :

Windows Server Update Services est un service permettant de distribuer les mises à jour pour Windows et d'autres applications Microsoft sur les différents ordinateurs fonctionnant sous Windows au sein d'un parc informatique

8. BIBLIOGRAPHIE

1. **Yegulalp, Serdar.** Focus sur l'orchestrateur Kubernetes et les conteneurs Docker. *Le Monde Informatique*. [En ligne] 10 Novembre 2019. <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-focus-sur-l-orchestrateur-kubernetes-et-les-conteneurs-docker-77031.html>.
2. **Vaughan-Nichols, Steven.** Kubernetes gagne en popularité. *ZDNet*. [En ligne] 10 Mars 2020. <https://www.zdnet.fr/actualites/kubernetes-gagne-en-popularite-39900345.htm>.
3. **Serries, Guillaume.** Pourquoi Kubernetes est devenu très tendance (et comment en profiter). *ZDNet*. [En ligne] 21 Octobre 2019. <https://www.zdnet.fr/pratique/pourquoi-kubernetes-est-devenu-tres-tendance-et-comment-en-profiter-39864740.htm>.
4. **Ben Farhat, Hela.** Orchestration des conteneurs : quels cas d'usage et quelles solutions ? *Silicon.fr*. [En ligne] 13 Février 2020. <https://www.silicon.fr/avis-expert/orchestration-des-conteneurs-quels-cas-dusage-et-queelles-solutions>.
5. **Garo, Jean-Denis.** Les communications unifiées en voie de conteneurisation . *ZDNet*. [En ligne] 07 Juin 2019. <https://www.zdnet.fr/actualites/les-communications-unifiees-en-voie-de-conteneurisation-39885631.htm>.
6. **Bigelow, Stephen.** Cinq inconvénients des conteneurs (et comment y remédier). *LeMagIT*. [En ligne] 08 Octobre 2015. <https://www.lemagit.fr/conseil/Cinq-inconvenients-des-conteneurs-et-comment-y-remedier>.
7. **Asay, Matt.** Avez-vous vraiment besoin de Kubernetes ? *Le Monde Informatique*. [En ligne] 19 Février 2020. <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-avez-vous-vraiment-besoin-de-kubernetes-78158.html>.
8. **OTTO, Adrian.** Understanding the Difference Between Virtualization and Containers. *YouTube*. [En ligne] 9 Mai 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=rfjmeakbeH8>.
9. **Lettron, Guilhem.** [DevFest Paris 2019] Guilhem Lettron - Comment Kubernetes va changer votre façon de coder. *YouTube*. [En ligne] https://www.youtube.com/watch?v=xPBAYQ_9Urg.
10. **LeMagIT.** *Conteneurs et automatisation : la voie royale vers DevOps*. 2017.
11. **SoftFluent.** DevOps, les fondamentaux. *SoftFluent*. [En ligne] 6 Novembre 2019. <https://www.softfluent.fr/blog/devops-les-fondamentaux/> .
12. —. Comment mettre en place une méthode DevOps ? *SoftFluent*. [En ligne] 6 Novembre 2019. <https://www.softfluent.fr/blog/mettre-en-place-methode-devops/> .
13. —. DevOps : quels indicateurs de performance et comment s'améliorer ? *SoftFluent*. [En ligne] 6 Novembre 2019. <https://www.softfluent.fr/blog/devops-kpis-amelioration/> .

14. **Portolano, Rafael.** DevOps : une culture de la performance . *Journaldunet*. [En ligne] 15 09 2015. <https://www.journaldunet.com/web-tech/developpeur/1161544-devops-une-culture-de-la-performance/>.

15. **L, Bastien.** Intégration Continue ou Continuous Integration : qu'est-ce que c'est ? *lebigdata*. [En ligne] 12 Octobre 2018. <https://www.lebigdata.fr/integration-continue-definition>.

16. **Garé, Bertrand.** Le conteneur comme nouvelle base du modèle économique du cloud. *linformaticien*. [En ligne] 20 Juin 2019. <https://www.linformaticien.com/actualites/id/52272/le-conteneur-comme-nouvelle-base-du-modele-economique-du-cloud.aspx>.

17. **National Institute of Standards and Technology.** *Security Assurance Requirements for Linux Application Container Deployments*. 2017.

18. **RedHat.** La sécurité des conteneurs. *RedHat*. [En ligne] 20 Décembre 2018. <https://www.redhat.com/fr/topics/security/container-security>.

19. **LeMagIT.** *Comment assurer la sécurité des conteneurs*. 2018.

20. **Walsh, Daniel.** Container Security. *YouTube*. [En ligne] 15 Octobre 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=giFKMsIH4b0&t=3227s>.

21. **Randall, Allison.** A Brief History of Secure Isolation in Virtual Machines and Containers - Allison Randall, Cambridge. *YouTube*. [En ligne] 20 Août 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=uyqmwQM5-lw&t=309s>.

22. **Hello Future Orange.** Comment la conteneurisation informatique accélère le développement des applications. *Hello Future*. [En ligne] 28 Janvier 2019. <https://hellofuture.orange.com/fr/comment-la-conteneurisation-informatique-accelere-le-developpement-des-applications/>.

23. **Cloux, Pierre Yves, Garlot, Thomas et Kohler, Johann.** *Docker - Pratique des architectures à base de conteneurs*. s.l. : Dunod, 2019. 978-2-10-078970-2.

24. **Hightower, Keisey, Burns, Brendan et Beda, Jeroen.** *Kubernetes - Maîtriser l'orchestrateur des architectures du futur*. s.l. : Dunod, 2019. 978-2-10-078940-5.